

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-140635

(43)Date of publication of application : 02.06.1995

(51)Int.Cl.

G03F 1/08  
G03F 1/14  
H01L 21/027  
H01L 21/3065

(21)Application number : 05-285327

(71)Applicant : ULVAC SEIBAKU KK  
MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 15.11.1993

(72)Inventor : TOKU AKIHIKO  
KOBAYASHI RYOICHI  
YOSHIOKA NOBUYUKI  
MIYAZAKI JUNJI  
WATAKABE YAICHIRO

(30)Priority

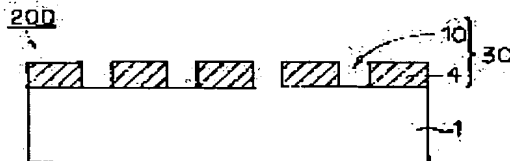
Priority number : 04335523 Priority date : 21.11.1992 Priority country : JP  
05 91445 19.04.1993

JP

(54) PHASE SHIFT MASK AND ITS PRODUCTION AND EXPOSURE METHOD USING THE PHASE SHIFT MASK

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide the phase shift mask having high quality and the process for production thereof by decreasing processes at the time of producing the phase shift mask and to provide the exposure method using the phase shift mask.

CONSTITUTION: A second light transparent part 4 of the phase shift mask 200 is composed of molybdenum silicide oxynitride or molybdenum silicide oxide 4, of which the phase difference attains  $180^\circ$  and transmittance is 5 to 40%. A molybdenum silicide oxynitride film or molybdenum silicide oxide film is formed by using a sputtering method in the production stage for the second light transparent part 4. As a result, the second light transparent part is formed by using the conventional sputtering device and since the etching stage of the phase shifter parts is just once, the probability of generating defects and errors in the production stage is lowered.

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.03.1997

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.11.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3064769

[Date of registration]	12.05.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	11-19734
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	09.12.1999
[Date of extinction of right]	

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-140635

(43) 公開日 平成7年(1995)6月2日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A			
1/14	G			
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	5 0 2 P
		7352-4M		5 2 8
審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 23 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平5-285327

(22) 出願日 平成5年(1993)11月15日

(31) 優先権主張番号 特願平4-335523

(32) 優先日 平4(1992)11月21日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-91445

(32) 優先日 平5(1993)4月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000101710

アルバック成膜株式会社

埼玉県秩父市大字寺尾2804番地

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 恵 昭彦

埼玉県秩父市大字寺尾2562-2

(72) 発明者 小林 良一

埼玉県秩父市大字寺尾2341-1

(74) 代理人 弁理士 深見 久郎 (外3名)

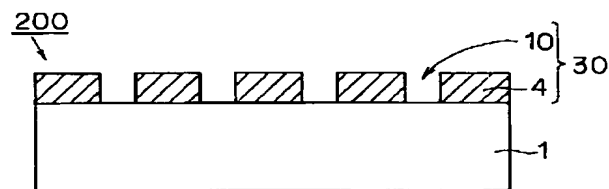
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 位相シフトマスクおよびその製造方法ならびにその位相シフトマスクを用いた露光方法

(57) 【要約】

【目的】 位相シフトマスクの製造時のプロセスの低減を図り、高品質の位相シフトマスクおよびその製造方法を提供し、かつ、その位相シフトマスクを用いた露光方法を提供する。

【構成】 位相シフトマスク200の第2の光透過部4が、位相差が180°となり透過率が5～40%を有するモリブデンシリサイド酸化窒化物またはモリブデンシリサイド酸化物4から構成されている。また、この第2の光透過部4の製造工程においては、スパッタリング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化窒化膜またはモリブデンシリサイド酸化膜を形成している。これにより、従来のスパッタリング装置を用いて、第2の光透過部を形成し、また、位相シフト部のエッチング工程も1回となるために、製造工程における欠陥および誤差も生じる確率を低下させることが可能となる。



1: 石英基板 4: 第2の光透過部  
10: 第1の光透過部 30: 位相シフトパターン  
200: 位相シフトマスク

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンと、を備え、前記位相シフトパターンは、前記基板が露出する第 1 の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが、前記第 1 の光透過部を透過する露光光の位相に対して  $180^\circ$  変換し、かつ、透過率が  $5 \sim 40\%$  であり、単一の材料からなる第 2 の光透過部と、を有する位相シフトマスク。

【請求項 2】 前記第 2 の光透過部は、金属の酸化物、金属の酸化窒化物、金属シリサイドの酸化物および金属シリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、1 種類の材料からなる請求項 1 に記載の位相シフトマスク。

【請求項 3】 前記第 2 の光透過部は、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムの酸化窒化炭化物、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される、1 種類の材料からなる請求項 1 に記載の位相シフトマスク。

【請求項 4】 露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を  $180^\circ$  変換し、かつ  $5 \sim 40\%$  の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成する工程と、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜を形成する工程と、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板が露出してなる第 1 の光透過部と前記位相シフト膜からなる第 2 の光透過部とを形成する工程と、を備えた位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 5】 前記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 6】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが  $76 \sim 92\%$  の範囲であり、残りが酸素である請求項 5 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 7】 前記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 8】 前記混合ガスの各成分を占める体積百分率の範囲は、アルゴンが  $65 \sim 79\%$ 、酸素が  $8 \sim 24\%$ 、窒素が  $3 \sim 20\%$  である請求項 7 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 9】 前記位相シフト膜を形成する工程は、

クロムのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 10】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが  $36 \sim 97\%$  の範囲であり、残りが酸素である請求項 9 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 11】 前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 12】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが  $48 \sim 90\%$ 、酸素が  $1 \sim 39\%$ 、窒素が  $6 \sim 14\%$  である請求項 11 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 13】 前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンと一酸化窒素との混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 14】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが  $82 \sim 87\%$  の範囲であり、残りが一酸化窒素である請求項 13 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 15】 前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴン、酸素およびメタンの混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 16】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲が、アルゴンが  $78\% \sim 88\%$ 、酸素が  $2\% \sim 13\%$ 、メタンが  $8\% \sim 10\%$  である請求項 15 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 17】 前記位相シフトマスクを製造する工程は、帯電防止膜を形成する工程を含む請求項 4 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 18】 前記帯電防止膜を形成する工程は、スパッタリング法により前記位相シフト膜を形成する工程と前記レジスト膜を形成する工程との間に、モリブデン膜を形成する工程を含む請求項 17 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 19】 前記帯電防止膜を形成する工程は、スパッタリング法により前記位相シフト膜を形成する工程と前記レジスト膜を形成する工程との間に、クロム膜を形成する工程を含む請求項 17 に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項 20】 前記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、

フッ化炭素と酸素との混合ガスを用いてドライエッチング法により行なう請求項5ないし請求項8のいずれか1項に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項21】 前記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、

塩化メチレンと酸素との混合ガス、塩素と酸素との混合ガスおよび塩素ガスからなる群より選択される1種類のガスを用いてドライエッチング法により行なう請求項9ないし請求項16のいずれか1項に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項22】 前記位相シフト膜を形成する工程は、前記位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成した後、200℃以上の熱処理を行なう工程を含む請求項4に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項23】 パターン形成層の上にレジスト膜を塗布する工程と、

前記レジスト膜を、露光光を透過する基板の上に形成された、前記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率が前記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部とを有する位相シフトパターンを有する位相シフトマスクを用いて露光する工程と、を備えた位相シフトマスクを用いた露光方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、位相シフトマスクに関し、特に、露光波長の光を減衰させる減衰型の位相シフトマスクの構造およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路における高集積化および微細化には目ざましいものがある。それに伴い、半導体基板（以下、単にウェハと称す）上に形成される回路パターンの微細化も急速に進んできている。

【0003】中でも、フォトリソグラフィ技術が、パターン形成における基本技術として広く認識されるところである。よって、今日までに種々の開発、改良がなされてきている。しかし、パターンの微細化は止まるところを知らず、パターンの解像度向上への要求もさらに強いものとなってきている。

【0004】一般に、縮小露光方法を用いたフォトリソグラフィ技術における解像限界 $R$ （nm）は、

$$R = k_1 \cdot \lambda / (NA) \dots (1)$$

と表わされる。ここで、 $\lambda$ は使用する光の波長（nm）、 $NA$ はレンズの開口数、 $k_1$ はレジストプロセスに依存する定数である。

【0005】上式からわかるように、解像限界の向上を図るためには、 $k_1$ と $\lambda$ との値は小さくし、 $NA$ の値は大きくすればよい。つまり、レジストプロセスに依存す

る定数を小さくするとともに、短波長化や高 $NA$ 化を進めればよいのである。

【0006】しかし、光源やレンズの改良は技術的に難しく、また短波長化および高 $NA$ 化を進めることによって、光の焦点深度 $\delta$ （ $\delta = k_2 \cdot \lambda / (NA)^2$ ）が浅くなり、かえって解像度の低下を招くといった問題も生じてくる。

【0007】ここで、図31（a）、（b）、（c）を参照して、従来のフォトマスクを使用したときのマスク断面、マスク上の電場およびウェハ上の光強度について説明する。

【0008】まず、図31（a）を参照して、マスク断面の構造について説明する。ガラス基板1上には、クロムなどからなる金属マスクパターン2が形成されている。

【0009】次に、図31（b）を参照して、マスク上の電場は、マスクパターンに沿った電場となる。しかし、図31（c）を参照して、ウェハ上の光強度は、微細なパターンの転写の場合隣合ったパターン像においては、マスクを透過した光が、光の回折現象および干渉効果により光の重なり合う部分において、互いに強め合うことになる。この結果、ウェハ上の光強度の差が小さくなってしまい、解像度が低下するといった問題点があった。

【0010】これを解決するフォトマスクとして、たとえば特開昭57-62052号公報および特開昭58-173744号公報により、位相シフトマスクによる位相シフト露光法が提案されている。

【0011】ここで、図32（a）、（b）、（c）を参照して、特開昭58-173744号公報に開示された位相シフトマスクによる位相シフト露光法について説明する。

【0012】図32（a）は位相シフトマスクの断面を示している。図32（b）は、マスク上の電場を示している。図32（c）は、ウェハ上の光強度が示されている。

【0013】まず、図32（a）を参照して、ガラス基板1上に形成されたクロムマスクパターン2の開口部には、1つおきにシリコン酸化膜などの透明絶縁膜よりなる位相シフト6を設けることにより位相シフトマスクを形成している。

【0014】次に、図32（b）を参照して、この位相シフトマスクを透過した光によるマスク上の電場は、その位相が交互に180度反転して構成されている。そのため、隣合ったパターン像においては、位相シフトマスクを透過した光は重なり合う光の位相が反転する。

【0015】したがって、光の干渉効果により、光の重なり合う部分において互いに打ち消しあうことになる。この結果、図32（c）に示すように、ウェハ上の光強度の差は十分となり、解像度の向上を図ることが可能と

なる。

【0016】しかし、上記位相シフトマスクは、ライン・アンド・スペースなどの周期的なパターンに対しては非常に有効ではあるが、パターンが複雑な場合には、位相シフトの配置等が非常に困難となり、任意のパターンには設定できないという問題点があった。

【0017】そこで、さらに上記問題点を解決する位相シフトマスクとして、たとえば、「JJAP Series 5 Proc. of 1991 Intern. MicroProcess Conference p. 3-9」および「特開平4-136854号公報」において、減衰型の位相シフトマスクが開示されている。以下、特開平4-136854号公報に開示された、減衰型の位相シフトマスクについて説明する。

【0018】図33を参照して、図33(a)は、上記減衰型の位相シフトマスクの断面図を示す図である。図33(b)はマスク上の電場を示す図である。図33(c)はウェハ上の光強度を示す図である。

【0019】まず、図33(a)を参照して、位相シフトマスク100の構造は、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に形成された、上記主表面を露出する第1の光透過部10と、透過する露光光の位相を前記第1の光透過部10を透過する露光光の位相に対して180°変換する第2の光透過部20とを含む所定の露光パターンを有する位相シフトパターン30とを備えている。

【0020】また、上述した第2の光透過部20は、露光光に対する透過率は5~40%のクロム層2と、透過光との位相差が180度となるシフト層3との2層構造となっている。

【0021】上記構造よりなる位相シフトマスク100を通過する露光光のマスク上の電場は、図33(b)に示すようになる。よって、ウェハ上の光強度は、図33(c)に示すように露光パターンのエッジで位相が反転する。

【0022】したがって、露光パターンのエッジでの光強度が図に示すように必ず0となり、露光パターンの光透過部10と位相シフト部20との電場の差は十分となり、高い解像度を得ることが可能となる。

【0023】なお、上述した第2の光透過部20の露光光に対する透過率を5~40%としたのは、リソグラフィにおいて適正な露光量とするために、図34に示すように、透過率によってレジスト膜の現像後の膜厚を調整するためである。

【0024】次に、上記位相シフトマスク100の製造方法について説明する。図35~図39は、図33に示す位相シフトマスク100の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0025】まず、図35を参照して、ガラス基板1の上に、露光光に対する透過率が5~40%、膜厚50~

200Å程度のクロム膜2を形成する。その後、このクロム膜2の上に、透過する露光光の位相が180°変換する膜厚3000~4000Å程のを有するSiO<sub>2</sub>膜3を形成する。その後、このSiO<sub>2</sub>膜3の上に、電子ビーム用レジスト膜5を形成する。

【0026】次に、図36を参照して、電子ビーム用レジスト膜5の所定箇所に、電子ビームを露光して、現像することにより、所望のパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0027】次に、図37を参照して、レジスト膜5をマスクとして、CHF<sub>3</sub>系のガスを用いてSiO<sub>2</sub>膜をエッチングする。その後、図38を参照して、再びレジスト膜5およびSiO<sub>2</sub>膜3をマスクとして、ウェットエッチングによりクロム膜2のエッチングを行なう。

【0028】次に、図39を参照して、レジスト膜5を除去することにより、位相シフトマスク100が完成する。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、第2の光透過部20の構成は、透過率を制御するクロム膜2と位相差を制御するSiO<sub>2</sub>膜3との2層構造となっている。このために、クロム膜を形成するための装置およびその工程と、SiO<sub>2</sub>膜を形成するための装置およびその工程が必要となる。

【0030】また、クロム膜とSiO<sub>2</sub>膜のエッチング時においても、それぞれ別々のエッチング剤を用いてエッチングを行なわなければならない、したがって、プロセスが多工程となるために、欠陥の発生する確率やパターン寸法の加工誤差を含む確率が高くなるといった問題点を有している。

【0031】また、図40を参照して、位相シフトマスクのパターンに、残り欠陥(黒欠陥)50やピンホール欠陥(白欠陥)51が生じた場合、これらの欠陥を修正するために、クロム膜とSiO<sub>2</sub>膜との各膜に適応可能な修正方法が必要となる。そのために、従来の修正方法を用いることができないという問題点もあった。

【0032】さらに、図40を参照して、上述した位相シフトマスク100を用いた露光方法によれば、位相シフトマスク100の第2の光透過部20の膜厚は3050Å~4200Å程度と比較的厚いものとなる。したがって、露光光源からの露光光のうち、図に示すように傾いた成分を有する露光光は、位相シフトマスク100の第2の光透過部20を透過しても、確実に位相差が180°変換されず、位相差が異なった成分を有する露光光が生じてしまうという問題点があった。

【0033】この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、位相シフトマスクの製造時のプロセスの低減を図り、高品質の位相シフトマスクおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0034】さらに、この発明は、位相シフトマスクを

10

20

30

40

50

用いた露光方法において、半導体装置の製造工程における露光不良の改善を図り、歩留りの向上を図ることを可能とした位相シフトマスクを用いた露光方法を提供することを目的とする。

【0035】

【課題を解決するための手段】この発明に基づいた位相シフトマスクの1つの局面においては、露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンとを備えている。また、上記位相シフトパターンを、上記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5~40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部とを有している。

【0036】さらに好ましくは、上記第2の光透過部は、金属の酸化物、金属の酸化窒化物、金属シリサイドの酸化物および金属シリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される1種類の材料から構成されている。

【0037】さらに好ましくは、上記第2の光透過部は、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムの酸化窒化炭化物、モリブデンシリサイドの酸化物およびモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される1種類の材料から構成されている。

【0038】さらに好ましくは、上記第2の光透過部の透過率は、上記第2の光透過部に含有される酸素または窒素により制御され、位相差は、膜厚によって制御されている。

【0039】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクの製造方法においては、以下の工程を備えている。

【0040】まず、露光光を透過する基板の上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5~40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜がスパッタリング法を用いて形成される。その後、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜が形成される。

【0041】次に、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により、上記位相シフト膜のエッチングが行なわれ上記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部が形成される。

【0042】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0043】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率は、アルゴンガスが65~92%の範囲であり、残りが酸素ガスである。

【0044】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用

い、アルゴンガス、酸素ガスおよび窒素ガスの混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0045】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンガスが65~79%、酸素ガスが8~24%、窒素ガスが3~20%である。

【0046】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0047】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンガスが36~97%の範囲であり、残りが酸素ガスである。

【0048】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、クロムの酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0049】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンガスが48~90%、酸素が1~39%、窒素が6~14%である。

【0050】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンと一酸化窒素との混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0051】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンガスが82~87%の範囲であり、残りが一酸化窒素である。

【0052】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴン、酸素およびメタンの混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0053】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲が、アルゴンガスが78~88%、酸素が2%~13%、メタンが8~10%である。

【0054】さらに好ましくは、上記位相シフトマスクを形成する工程には帯電防止膜が形成される工程を含んでいる。

【0055】さらに好ましくは、上記帯電防止膜を形成する工程は、上記位相シフト膜を形成する工程と上記レジスト膜を形成する工程との間にスパッタリング法によりモリブデン膜が形成される。

【0056】さらに好ましくは、上記帯電防止膜を形成する工程は、上記位相シフト膜を形成する工程と上記レジスト膜を形成する工程との間にスパッタリング法により、クロム膜が形成される。

【0057】さらに好ましくは、上記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、フッ化炭素と酸素との混合ガスを用いてドライエッチング法により行なわれる。

【0058】さらに好ましくは、上記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、塩化メチレンと酸素との混合ガス、塩素と酸素との混合ガスおよび塩素ガスからなる群より選択される1種類のガスを用いてドライエッチング法により行なわれる。

【0059】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成した後に、200℃以上の加熱処理を行なう工程を含んでいる。

【0060】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法においては、以下の工程を備えている。

【0061】まず、パターン形成層の上にレジスト膜が塗布される。その後、上記レジスト膜を、露光光を透過する基板の上に形成された上記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部とを有する位相シフトパターンを備えた位相シフトマスクを用いて露光する工程とを備えている。

【0062】

【作用】以上、この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜のみから構成されている。

【0063】また、位相シフトの製造工程においては、露光光を透過する基板の上に、スパッタリング法を用いて所定の単一材料の膜を形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部の形成が行なわれる。

【0064】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて位相シフト部を形成することが可能であり、また、エッチング工程においても、単一のエッチング剤を用いることで、位相シフト部をエッチングすることが可能となる。

【0065】その結果、従来に比べて、その製造工程が位相シフト膜の形成工程および位相シフト膜のエッチング工程がそれぞれ1回で済み、欠陥の発生する確率およびパターン寸法の加工誤差が生じる確率を低下させることが可能となり、高品質の位相シフトマスクを提供することが可能となる。

【0066】また、欠陥部分の修正も、第2の光透過部が単一材料の膜であるために、従来の方法を用いて容易に行なうことができる。

【0067】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、第1の光透過部が単一材料の膜からなる位相シフトマスクを用いている。これにより、第2の光透過部の膜厚は1500Å～2000Å程度と薄く形成することができ、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても、180°の位相差を与えるこ

とが可能となる。したがって、位相シフトマスクの第2の光透過部を透過した後の露光光の位相差が均一となり、露光不良の発生を防止することが可能となる。その結果、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。

【0068】

【実施例】以下、この発明に基づいた第1の実施例について説明する。

【0069】まず、図1を参照して、この実施例における位相シフトマスクの構造について説明する。この位相シフトマスク200は、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に形成された位相シフトパターン30とを備えている。この位相シフトパターン30は、前記石英基板1が露出する第1の光透過部10と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部10を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部4とから構成されている。

【0070】次に、図2(a)、(b)、(c)を参照して、上記構造よりなる位相シフトマスク200を通過する露光光のマスク上の電場およびウェハ上の光強度について説明する。

【0071】図2(a)を参照して、上述した位相シフトマスク200の断面図である。図2(b)を参照して、マスク上の電場は、露光パターンのエッジで位相が反転しているために、露光パターンのエッジ部での電場が必ず0となる。よって、図2(c)を参照して、露光パターンの光透過部10と位相シフト部4とのウェハ上における電場の差が十分となり高い解像度を得ることが可能となる。

【0072】ここで、第2の光透過部4の透過率を5～40%としたのは、従来技術と同様に、透過率によってレジスト膜の現像後の膜厚を調整し、リソグラフィにおいて、適正な露光量とするためである。

【0073】次に、第2の実施例として上記位相シフトマスク200の製造方法について、位相シフト膜としてモリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜を用いた場合について説明する。

【0074】図3～図6は、図1に示す位相シフトマスク200の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0075】まず、図3を参照して、石英基板1の上に、スパッタリング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜よりなる位相シフト膜4を形成する。

【0076】その後、この位相シフト膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて200℃以上の加熱処理を行なう。

【0077】これにより、従来位相シフト膜の成膜のレジスト塗布プロセスなどの加熱処理(約180℃)によ



る透過率の変動(0.5~1.0%)を防止することができる。

【0078】次に、この位相シフト膜4の上に、電子ビーム用レジスト膜5(日本ゼオン製ZEP-810S(登録商標))などを膜厚約5000Å形成する。その後、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜は導電性を有しないため、電子ビームによる露光時の帯電を防止するために、帯電防止膜6(昭和電工製 エスパーサ100(登録商標))などを約100Å形成する。

【0079】次に、図4を参照して、電子ビーム用レジスト膜5に、電子ビームを露光し帯電防止膜6を水洗で除去する。その後、レジスト膜5を現像することにより、所定のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0080】次に、図5を参照して、上記レジスト膜5をマスクとして、位相シフト膜4のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRFイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を60mm、作動圧力0.3 Torr、反応ガスCF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>を用いてそれぞれの流量を95 sccmおよび5 sccmにより、エッチング時間約11分によりエッチングを行なう。

【0081】次に、図6を参照して、レジスト膜5を除去する。以上により、この実施例における位相シフトマスクが完成する。

【0082】次に、上述したスパッタリング法を用いた位相シフト膜の形成について、以下詳述する。位相シフト膜に要求される条件としては、まず露光光に対する透過率が5~40%の範囲内であること、および露光光の位相を180°変換させることが要求される。

【0083】よって、これらの条件を満たす膜として、本実施例においては上述したように、モリブデンシリサイド酸化物およびモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜を用いた。

【0084】まず、図7を参照して、上記膜を形成するためのスパッタリング装置について説明する。

【0085】図7に示すスパッタリング装置は、DCマグネトロンスパッタリング装置500の構成を示す概略図である。

【0086】このDCマグネトロンスパッタリング装置500は、真空槽506の内部に、ターゲット507

と、マグネット508とからなるマグネトロンスパッタリング装置509が設けられている。

【0087】また、ターゲット507に、所定の距離を隔てて対向してアノード510が配置され、このアノード510のターゲット507の対向面上に、たとえば、2.3mm厚さ、127mm角の石英基板1が配置されている。

【0088】さらに、排気管512およびガス導入管513が真空槽506の所定の位置に設けられている。膜の形成時においては、ターゲットとして、モリブデンシリサイドを用い、成膜時の上記石英基板1の温度は、図示しないヒータおよび温度制御装置により、60℃~150℃に保持されている。

【0089】このような状態において、ガス導入管513からスパッタガスとしてのアルゴンと、反応ガスとしての酸素および窒素との混合ガスを所定の割合で導入し、真空層506内の圧力を所定の値に保持し、両電極間に直流電圧をかける。

【0090】本実施例においては、この位相シフト膜の成膜において、種々のケースのモリブデンシリサイド酸化物およびモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる位相シフト膜を形成した。

【0091】表1は、上記スパッタ条件の下で、混合ガスの流量比を種々設定した場合の各ケースにおける真空層506内の圧力、堆積速度および膜質を示すものであり、ケースM-1~M-7、M-14~M-15はモリブデンシリサイド酸化窒化物の位相シフト膜であり、ケースM-8~M-13、M-16~M-17はモリブデンシリサイド酸化物の位相シフト膜である。

【0092】また、表2~表4は、露光光として用いられるk<sub>r</sub>Fレーザ(λ=248nm)、i線(λ=365nm)およびg線(λ=436nm)に対する各ケースにおける透過率、光学定数(n-i·k)のn値とk値および位相を180°変換させるための膜厚d<sub>s</sub>を示すグラフである。

【0093】上記表2~表4中において、膜厚d<sub>s</sub>は、露光光の波長λ、および光学定数のn値から、 $d_s = \lambda / 2(n-1) \dots (2)$

の関係式で求めることかできる。

【0094】

【表1】

ケース	ガス流量比			圧力	堆積速度	膜質
	%			$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Torr	Å/min	
M-1	72.6	23.8	3.6	2.0	709	MoSi の 酸化窒化膜
M-2	77.1	18.3	4.6	2.0	645	
M-3	72.1	8.6	19.3	2.0	600	
M-4	68.6	7.9	23.5	2.1	525	
M-5	61.4	7.0	31.6	2.1	486	
M-6	57.4	13.1	29.5	2.2	522	
M-7	65.4	17.8	16.8	2.0	578	
M-8	79.5	20.5	0	2.0	635	MoSi の 酸化膜
M-9	73.3	26.7	0	2.0	600	
M-10	78.8	21.2	0	2.6	225	
M-11	81.1	18.9	0	2.6	632	
M-12	82.3	17.7	0	2.6	650	
M-13	83.5	16.5	0	2.6	754	
M-14	73.4	14.9	11.7	3.0	702	MoSi の 酸化窒化膜
M-15	79.0	16.8	4.2	2.8	750	
M-16	76.0	24.0	0	2.6	830	MoSi の 酸化膜
M-17	92.0	8.0	0	5.5	487	

【0095】

【表2】

ケース	KrFレーザー(波長248nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	5.22	1.195	0.409	1355
M-2	3.59	1.860	0.437	1442
M-3	2.92	1.986	0.530	1258
M-4	0.69	2.14	0.868	1088
M-5	0.74	2.09	0.821	1137
M-6	1.8	1.922	0.569	1345
M-7	2.6	1.963	0.538	1288
M-8	7.0	1.79	0.318	1570
M-9	4.6	1.68	0.322	1824
M-10	10.2	1.730	0.251	1700
M-11	5.0	1.76	0.350	1630
M-12	6.13	1.91	0.384	1360
M-13	5.51	1.90	0.394	1380
M-14	3.52	2.054	0.5325	1176
M-15	3.03	2.111	0.5855	1116
M-16	4.39	1.804	0.3844	1541
M-17	6.88	1.842	0.3409	1472

【0096】

【表3】

ケース	i線(波長365nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	11.6	1.874	0.280	2088
M-2	11.5	1.950	0.304	1921
M-3	8.82	2.11	0.397	1644
M-4	2.9	2.318	0.697	1382
M-5	4.15	2.344	0.626	1362
M-6	3.5	2.01	0.511	1807
M-7	4.53	1.88	0.414	2074
M-8	44.5	2.11	0.118	1644
M-9	78.6	1.85	0.0169	2147
M-10	73.8	1.77	0.020	2370
M-11	18.7	1.91	0.222	2005
M-12	12.2	1.81	0.254	2250
M-13	17.9	1.98	0.245	1860
M-14	8.55	2.068	0.389	1709
M-15	8.71	2.189	0.420	1535
M-16	9.39	1.707	0.2536	2581
M-17	16.5	1.833	0.2207	2192

【0097】

【表4】

ケース	g線(波長436nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	12.0	1.786	0.249	2774
M-2	16.4	2.006	0.265	2167
M-3	11.7	2.148	0.358	1900
M-4	3.9	2.346	0.644	1620
M-5	3.4	2.121	0.572	1945
M-6	4.4	1.860	0.410	2535
M-7	8.8	2.018	0.367	2141
M-8	46.3	2.197	0.114	1821
M-9	83.0	1.795	0.0069	2742
M-10	78.0	1.733	0.0123	2974
M-11	22.2	1.901	0.195	2420
M-12	21.1	1.982	0.220	2220
M-13	13.3	1.702	0.213	3105
M-14	13.0	2.124	0.3325	1940
M-15	11.9	2.185	0.3653	1840
M-16	17.9	1.886	0.222	2460
M-17	18.2	1.775	0.1934	2812

【0098】次に、図8ないし図10は、表2ないし表4に示された各ケースのデータをグラフに表したものであり、それぞれ横軸に光学定数のn値、左縦軸に光学定数のk値、右縦軸に膜厚d、が表わされている。

【0099】また、図8～図10中には、透過率Tを示すグラフを同時に記載している。まず、図8を参照して、露光光がkrFレーザの場合、位相シフト膜として要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1、M-8、M-10～M-13、M-17であることがわかる。

【0100】次に、図9を参照して、露光光がi線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1～M-3、M-8、M-11～M-17であることがわかる。

【0101】次に、図10を参照して、露光光がg線の場合、位相シフト膜として要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1～M-3、M-7、M-11～M-17であることがわかる。

【0102】以上の結果、位相シフト膜として用いることのできるのは、M-1～M-3、M-7、M-8、M-

-11～M-17であることがわかる。

【0103】次に、上記各ケースを、ガス流量比の関係に基づいてグラフにしたものが図11である。

【0104】図11に示すグラフは、ケースM-1～ケースM-17におけるアルゴン、酸素および窒素の割合をグラフにしたものである。

【0105】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺が窒素の流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントプロットしたものである。また、図8～図10の上記結果から、位相シフト膜として用いることができるのは、○印、位相シフト膜として用いることができないものを×印で表している。

【0106】この図11のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、モリブデンシリサイド酸化物の膜の場合は、

アルゴンが76%～92%

酸素が18%～24%

であることがわかる。

【0107】また、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが65%～79%

酸素が8%～24%

窒素が3%～20%

であることがわかる。

【0108】ここで酸素の上限を35%としたのは、これ以上、特に酸素の占める割合を50%以上にすると、スパッタリング装置の電極に酸化物が堆積して、スパッタができなくなるためであり、装置側の制約から規定したものである。

【0109】以上、この実施例に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が4～50%の透過率を有するモリブデンシリサイド酸化物またはモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜のみから構成されている。

【0110】また、その製造工程においては、上述したモリブデンシリサイド酸化物またはモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜をスパッタリング法を用いて所定の膜厚に形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部を形成している。

【0111】その結果、従来のスパッタリング装置を用いて、位相シフト膜としての膜を形成し、またエッチング工程も1回となるために、欠陥が発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率を低下することが可能となる。

【0112】次に、第3の実施例として上記位相シフトマスク200の製造方法について、位相シフト膜として、クロム酸化物膜またはクロム酸化窒化物膜またはクロム酸化窒化炭化膜を用いた場合について説明する。

【0113】図12～図15は、図1に示す位相シフトマスク200の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0114】まず、図12を参照して、石英基板1の上に、スパッタリング法を用いて、クロム酸化膜またはクロム酸化窒化膜またはクロム酸化窒化炭化物よりなる位相シフト膜4を形成する。

【0115】次に、この位相シフト膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて約200℃以上の加熱処理を行なう。

【0116】これにより、従来位相シフト膜の成膜後のレジスト塗布プロセスにおける加熱処理（約180℃）による透過率の変動（0.5～1.0%）を防止することができる。

【0117】次に、この位相シフト膜4の上に、レジスト膜5を膜厚約5000Å形成する。

【0118】次に、図13を参照して、レジスト膜5に、i線を露光し、レジスト膜5を現像することにより、所定のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0119】次に、図14を参照して、上記レジスト膜5をマスクとして、位相シフト膜4のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRFイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を100mm、作動圧力0.3 Torr、反応ガスCH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>+O<sub>2</sub>を用いてそれぞれの流量を25 sccmおよび75 sccmにより、エッチング時間約4分によってエッチングを行なう。以上により、この実施例における位相シフトマスクが完成する。

【0120】次に、上述したスパッタリング法を用いた位相シフトマスクの形成について以下詳述する。位相シフト膜に要求される条件としては、上述したように、まず露光光に対する透過率が5～40%の範囲内であると、および露光光の位相を180°変換させることが要求される。

【0121】したがって、これらの条件を満たす膜として、本実施例においては、上述したように、クロム酸化物およびクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜を用いた。

【0122】なお、上述する位相シフト膜を形成するためのスパッタリング装置の構造については、図7に示すスパッタリング装置と同様であるために、ここでの説明は省略する。

【0123】本実施例においては、この位相シフト膜の成膜において、種々のケースのクロムの酸化膜およびクロム酸化窒化物およびクロム酸化窒化炭化物からなる位相シフトマスクを形成した。

【0124】表5は、上記スパッタ条件の下で、混合ガスの流量比を種々設定した場合の各ケースにおける真空層506内の圧力、堆積速度および膜質を示すものであり、ケースC-1～C-13はクロム酸化物の位相シフト膜であり、ケースC-14～C-26は、クロム酸化窒化物の位相シフト膜であり、ケースC-27～C-30は、クロム酸化窒化炭化物の位相シフト膜である。

【0125】また、表6～表8は、露光光として用いられるkrFレーザ（λ=248nm）、i線（λ=365nm）およびg線（λ=436nm）に対する各ケースにおける透過率、光学定数（n-i・k）のn値とk値および位相を180°変換させるための膜厚d<sub>s</sub>を示すグラフである。

【0126】上記表6～表8中において、膜厚d<sub>s</sub>は、露光光の波長λ、および光学定数のn値から、

d<sub>s</sub> = λ / 2 (n - 1) … (2)

の関係式で求めることができる。

【0127】

【表5】

ケース	ガス流量比					圧力	堆積速度	膜質
	%					$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NO	CH <sub>4</sub>	Torr	Å/min	
C-1	71.4	28.6	0	0	0	3.0	259	Crの酸化膜
C-2	92.3	7.7	0	0	0	3.9	850	
C-3	90.0	10.0	0	0	0	3.0	900	
C-4	85.0	15.0	0	0	0	2.0	941	
C-5	85.5	14.5	0	0	0	6.1	796	
C-6	89.3	10.7	0	0	0	8.0	828	
C-7	92.7	7.3	0	0	0	4.0	758	
C-8	96.6	3.4	0	0	0	4.0	448	
C-9	94.8	5.2	0	0	0	8.1	733	
C-10	93.1	6.9	0	0	0	6.1	791	
C-11	90.2	9.81	0	0	0	4.0	824	
C-12	90.1	9.93	0	0	0	4.1	787	
C-13	95.1	4.92	0	0	0	8.2	659	
C-14	54.1	32.4	13.5	0	0	1.5	110	Crの酸化窒化膜
C-15	48.8	39.0	12.2	0	0	1.5	108	
C-16	87.2	6.4	6.4	0	0	4.1	592	
C-17	82.9	4.9	12.2	0	0	4.2	523	
C-18	90.0	1.3	8.7	0	0	4.1	756	
C-19	76.0	0	0	24.0	0	2.0	600	
C-20	83.0	0	0	17.0	0	3.2	620	
C-21	75.5	0	0	24.5	0	2.3	570	
C-22	86.0	0	0	14.0	0	4.2	550	
C-23	86.5	0	0	13.5	0	4.1	580	
C-24	82.4	0	0	17.6	0	3.2	520	
C-25	86.2	0	0	13.8	0	4.2	129	
C-26	87.1	0	0	12.9	0	4.1	675	
C-27	85.2	5.3	0	0	9.5	4.0	471	Crの酸化窒化炭化膜
C-28	82.9	7.9	0	0	9.2	3.0	513	
C-29	78.3	13.0	0	0	8.7	2.0	642	
C-30	87.9	2.3	0	0	9.8	8.1	399	

【0128】

30

【表6】

ケース	KrFレーザー(波長248nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	8.9	2.782	0.5696	696
C-13	3.50	2.538	0.7448	806.2
C-25	3.80	7.565	0.7347	792

40

【0129】

【表7】

ケース	i線(波長365nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	31.7	2.23	0.187	1484
C-2	8.95	2.529	0.5108	1194
C-3	6.08	2.355	0.5495	1347
C-4	6.52	2.481	0.5749	1212
C-5	5.81	2.258	0.5252	1451
C-6	5.64	2.272	0.5364	1435
C-7	6.18	2.275	0.5186	1432
C-8	6.22	2.225	0.5000	1490
C-9	12.9	2.513	0.4171	1238
C-10	8.52	2.296	1.4603	1408
C-11	6.63	2.238	0.4922	1474
C-12	7.23	2.299	0.8949	1405
C-13	11.3	2.579	0.4634	1159
C-14	9.79	2.44	0.468	1267
C-15	10.0	2.50	0.476	1217
C-16	5.35	2.527	0.6365	1195
C-17	4.65	2.494	0.6588	1222
C-18	8.78	2.632	0.5399	1118
C-19	0.199	2.142	1.098	1598
C-20	0.543	2.283	1.089	1250
C-21	1.42	2.316	0.8407	1387
C-22	1.60	2.346	0.8336	1100
C-23	0.102	2.290	1.3672	1415
C-24	1.38	2.413	0.9021	1100
C-25	12.1	2.471	0.4257	1241
C-26	1.80	2.505	0.8904	1213
C-27	6.18	2.530	0.6010	1196
C-28	5.06	2.283	0.5625	1422
C-29	3.47	2.440	0.7066	1267
C-30	8.65	2.413	0.4894	1291

【0130】

【表8】

ケース	g線(波長436nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-2	19.58	2.660	0.3262	1313
C-3	14.2	2.365	0.3689	1597
C-4	11.1	2.285	0.4029	1696
C-5	17.3	2.595	0.3495	1411
C-6	16.1	2.538	0.3669	1417
C-7	19.73	2.629	0.3220	1338
C-8	21.9	2.630	0.2936	1537
C-9	27.1	2.590	0.2343	1371
C-10	25.3	2.900	0.2514	1147
C-11	21.2	2.539	0.297	1416
C-12	20.8	2.617	0.3062	1348
C-13	23.4	2.676	0.2760	1301
C-16	14.4	2.786	0.4263	1221
C-17	12.5	2.732	0.4621	1258
C-18	9.94	2.053	0.3587	2070
C-19	1.93	2.607	0.925	1356
C-21	2.84	2.706	0.8715	1270
C-22	6.13	2.706	0.6562	1280
C-23	3.60	2.631	0.7820	1320
C-24	5.02	2.748	0.7250	1250
C-26	3.98	2.630	0.7475	1337
C-27	1.29	1.731	0.4952	2982
C-28	14.5	2.482	0.3834	1471
C-29	5.50	2.335	0.5641	1633
C-30	18.8	2.580	0.3304	1380

【0131】次に、図16および図17は、表7ないし表8に示された各ケースのデータをグラフに表したものであり、それぞれ横軸に光学定数のn値、左縦軸に、光学定数のk値、右縦軸に膜厚d、が表されている。

- 30 【0132】また、図16と図17中には、透過率Tを示すグラフを同時に記載している。まず、図16を参照して、露光光がi線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが、5%～40%の範囲内にあるのは、C-1～C-16、C-18、C-25、C-27、C-28、C-30であることがわかる。

- 【0133】次に、図17を参照して、露光光がg線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが、5%～40%の範囲内にあるのは、ケースC-2～C-13、C-16～C-18、C-22、C-24、C-28～C-30であることがわかる。

- 40 【0134】以上の結果、位相シフト膜として用いることのできるのは、上述のケースC-1～C-18、C-22、C-24、C-25、ケースC-27～C-30であることがわかる。

【0135】次に、上記各ケースを、混合ガスがAr+O<sub>2</sub>、Ar+O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>、Ar+NO、Ar+O<sub>2</sub>+C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>のガス流量比の関係に基づいてグラフに表したものが、図18ないし図20である。

- 50 【0136】図18に示すグラフは、ケースC-1～C-18におけるアルゴン、酸素および窒素の割合

をグラフにしたものである。

【0137】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺が窒素の流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントをプロットしたものである。

【0138】また、図16および図17の結果から、位相シフト膜として用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0139】図18のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、クロム酸化物の膜の場合

は、アルゴンが36%~97%

酸素が3%~64%

であることがわかる。

【0140】また、クロム酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが48%~90%

酸素が1%~39%

窒素が6%~14%

であることがわかる。

【0141】ここで、酸素の上限を39%としたのは、これ以上、特に酸素の占める割合を50%以上にする、スパッタリング装置の電極に酸化物が堆積して、スパッタができなくなるためであり、装置側の制約から規定したものである。

【0142】次に、図19に示すグラフは、ケースC-19~C-26における、アルゴンおよびNOの割合をグラフにしたものである。図16および図17の結果から、位相シフトマスクとして用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0143】また、図20に示すグラフは、ケースC-27~ケースC-30における、アルゴン、酸素およびメタンの割合をグラフに示したものである。

【0144】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺がメタンの流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントをプロットしたものである。

【0145】また、図16と図17の結果から、位相シフト膜として用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0146】図19および図20のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、クロム酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが82%~87%

一酸化窒素が13%~18%

であることがわかる。

【0147】また、クロム酸化窒化炭化物の膜の場合は、

アルゴンが78%~88%

酸素が2%~13%

メタンが8%~10%

であることがわかる。

【0148】以上、この実施例に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が4~50%の透過率を有するクロム酸化物またはクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜のみから構成されている。

10 【0149】また、その製造工程においては、上述したクロム酸化物またはクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜をスパッタリング法を用いて、所定の膜厚に形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部を形成している。

【0150】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて、位相シフト膜としての膜を形成し、またエッチング工程も1回となるために、欠陥が発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率を低下することが可能となる。

20 【0151】なお、上記第2および第3の各実施例において第2の光透過部としてモリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイド酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜としているがこれに限られることなく、金属の酸化物、金属の窒化物、金属シリサイドの酸化物および金属シリサイドの酸化窒化物などを用いてもかまわない。

【0152】次に、この発明に基づいた第4の実施例について説明する。この実施例は、位相シフトマスクの製造工程において、位相シフト膜の上に電子ビームまたは

30 レーザ光による露光時の帯電防止のための金属膜を形成するようにしたものである。

【0153】以下、図21~図25を参照して、位相シフト膜製造工程について説明する。図21~図25は、図1に示す位相シフトマスクの断面構造に対応する断面構造図である。

【0154】まず、図を参照して、石英基板1の上に、第2の実施例または第3の実施例と同様にモリブデンシリサイドの酸化膜、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、またはクロム酸化窒化炭化物からなる位相シフト膜4を形成する。

40 【0155】その後、この位相シフト膜4の上に、膜厚約100~500Å程度の帯電防止膜6を形成する。この帯電防止膜6の膜質としては、位相シフト膜の膜質が、Mo系の場合はモリブデン膜を形成する。また、位相シフト膜4の膜質がCr系の場合はクロム膜を形成する。

【0156】これは、上述した方法によって形成される、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、クロム酸化窒化炭化物からなる位相シフト膜4が導電性



を有しないためである。

【0157】なお、クロム酸化物において、第3の実施例の中で述べたケースC-1～C-3により形成されるクロム酸化膜は導電性を有するため、この場合は、上記帯電防止膜を形成する必要はない。

【0158】その後、この帯電防止膜6の上に、電子線用レジスト膜を膜厚約5000Å形成する。

【0159】次に、図22を参照して、電子ビーム用レジスト膜5の所定の箇所、電子ビームを露光して、現像することにより、所望のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0160】次に、図23を参照して、帯電防止膜6がMo系の場合は電子ビーム用レジスト膜5をマスクとして、帯電防止膜6および位相シフト膜4をCF<sub>4</sub>、+O<sub>2</sub>ガスを用いて、ドライエッチングにより連続的にエッチングする。

【0161】次に、図24を参照して、O<sub>2</sub>、プラズマ等を用いて、レジスト膜5を除去する。その後、図25を参照して、エッチング液(硝酸第2セリウムアンモニウム/過塩素酸混合液)等を用いて、帯電防止膜6をエッチングし除去する。

【0162】これにより、位相シフトマスクが完成する。一方、再び図23を参照して、帯電防止膜6がCr系の場合は、電子ビーム用レジスト膜5をマスクとして、帯電防止膜6および位相シフト膜4を、CH<sub>4</sub>、Cl<sub>2</sub>、+O<sub>2</sub>ガスまたはCl<sub>2</sub>、+O<sub>2</sub>ガスまたはCl<sub>2</sub>ガスを用いて、ドライエッチングにより連続的にエッチングする。

【0163】次に、図24を参照して、O<sub>2</sub>、プラズマ等を用いて、レジスト膜5を除去する。その後、図25を参照して、硫酸などを用いて帯電防止膜6をエッチングし、除去する。

【0164】これにより、位相シフトマスクが完成する。なお、上記位相シフトマスクのエッチングにおいて、位相シフトマスクがMo系の場合は、モリブデン膜からなる帯電防止膜を形成し、位相シフトマスクがCr系の場合はクロム膜からなる帯電防止膜を形成することとしているが、これに限られることなく、位相シフトマスクがCr系に対し、帯電防止膜としてMo膜を用いてもかまわないし、また、Mo系の位相シフト膜に対して、Cr系の帯電防止膜を用いるようにしても同様の作用効果を得ることができる。

【0165】以上説明したように、位相シフトマスクの製造工程時に、モリブデン膜を設けることにより、電子線露光時の帯電防止を図ることが可能となり、また光学式位置検出器の光反射膜としての役目をも果たすことが可能となる。

【0166】なお、上記第4の実施例においては、帯電防止膜としてモリブデン膜またはクロム膜を用いたが、同様の効果が得られる金属膜、たとえばW、Ta、T

i、Si、Alなどやそれらの合金からなる膜でもかまわない。

【0167】次に、上記第1の実施例～第3の実施例において形成された位相シフトマスクにおいて、図26に示すように、残り欠陥(黒欠陥)50やピンホール欠陥(白欠陥)51が生じた場合の欠陥検査方法および欠陥修正方法について説明する。

【0168】まず、製作した位相シフトマスクについて、光透過型欠陥検査装置(KLA社製 239HR型)を用いて、チップ比較方式の欠陥検査を行なう。

【0169】この欠陥検査装置は、水銀ランプを光源とする光で検査を行なう。検査の結果、パターンがエッチングされるべきところに位相シフト膜が残る残り欠陥と、位相シフト膜が残るべきところがピンホールや欠けの形状でなくなってしまうピンホール欠陥を検出する。

【0170】次に、これらの欠陥を修正する。残り欠陥については、従来のフォトマスクで用いられている、YAGレーザによるレーザブロー修正装置を用いて行なう。

【0171】また、他の方法として、FIBによるスパッタエッチのガス導入によるアシストエッチによっても除去することができる。

【0172】次に、ピンホール欠陥については、従来のフォトマスクに用いられている、FIBアシストデポジション方法によるカーボン系膜52のデポジションにより、ピンホール欠陥部分を埋め込む修正を行なう。

【0173】このようにして、修正された位相シフトマスクを洗浄した場合においても、カーボン系膜52が剥がれることなく、良好な位相シフトマスクを得ることができる。

【0174】次に、上述した位相シフトマスクを用いた露光方法について説明する。この位相シフトマスクを用いた場合、位相シフト膜の膜厚は、表2～表4、表6～表8の膜厚寸法(ds)に示されるように、約1500Å～2000Å程度の膜厚で形成されている。このため、従来の位相シフト膜の膜厚よりも約半分程度で形成されているために、図27に示すように、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても、180°の位相差を与えることが可能となる。

【0175】その結果、図28に示すように、たとえば0.4μmのコンタクトホールを開口しようとした場合、1.2μmの焦点ずれを許容することが可能となる。また、従来用いられているフォトマスクの場合、図29に示すように、同じ0.4μmのコンタクトホールを開口する場合は、0.6μmの焦点ずれしか許容することはできなかった。

【0176】さらに、コーヒーレンシが0.3～0.7好ましくは0.5～0.6の露光装置においては、図30に示すように、焦点深度を従来のフォトマスクに比べて大きく向上させることが可能となる。

【0177】なお、図28～図29は、5：1の縮小投影露光装置を用いた場合についての結果を示しているが、縮小倍率が4：1、2.5：1の縮小投影露光装置や1：1の投影露光装置を用いても同様の作用効果を得ることができる。また、投影露光装置に限らず、密着露光、プロキシミティ露光を用いても同様の効果を得ることができる。さらに上記露光方法は、g線、i線、krFレーザ等のいずれを用いても同様の作用効果を得ることができる。

【0178】以上、この実施例における位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、露光不良の発生を防止することが可能となるために、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。この露光方法は、4M、16M、64M、256MのDRAM、SRAM、フラッシュメモリ、ASIC、マイコン、GaAsなどの半導体装置の製造工程において有効に用いることができ、さらには単体の半導体デバイスや、液晶ディスプレイの製造工程においても十分用いることが可能となる。

【0179】

【発明の効果】この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜のみから構成されている。

【0180】また、位相シフトの製造工程において、露光光を透過する基板の上に、スパッタリング法を用いて、所定の位相シフト膜を形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより第2の光透過部を形成している。

【0181】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて、1回の工程で位相シフト膜を形成することが可能となり、またエッチング工程も1回となるために、欠陥の発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率が低下するために、高品質の位相シフトマスクを提供することが可能となる。

【0182】さらに、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜からなる位相シフトマスクを用いている。これにより、第2の光透過部の膜厚は1500Å～2000Å程度と薄く形成されているために、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても180°の位相差を与えることが可能となる。したがって、位相シフトマスクの第2の光透過部を透過する露光光の位相差が均一となり、露光不良の発生を防止することが可能となる。その結果、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの断面構造図である。

【図2】この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた場合のマスク上の電場およびウェハ上の電場を示す模式

図である。

【図3】この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図4】この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図5】この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図6】この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図7】DCマグネトロンスパッタリング装置の構成を示す模式図である。

【図8】krFレーザにおけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図9】i線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

20 【図10】g線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図11】第1の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした図である。

【図12】この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

30 【図13】この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図14】この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図15】この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図16】i線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

40 【図17】g線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図18】第2の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第1図である。

【図19】第2の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第2図である。

【図20】第2の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第3図である。

50 【図21】この発明に基づいた第3の実施例における位

相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図22】この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図23】この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図24】この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図25】この発明に基づいた第3の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第5製造工程を示す断面図である。

【図26】この発明に基づいた位相シフトマスクの欠陥修正方法を示す断面図である。

【図27】この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法の状態を示す模式図である。

【図28】この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法における焦点ずれとコンタクトホールサイズとの関係を示す図である。

【図29】従来技術におけるフォトマスクを用いた露光方法における焦点ずれとコンタクトホールサイズとの関係を示す図である。

【図30】この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法と従来技術における位相シフトマスクを用いた露光方法とのコーヒーレンシと焦点深度との関係と比較する図である。

【図31】従来技術のフォトマスクを用いた場合のマスク後の電場およびウェハ上の光強度を示す模式図であ

＊る。

【図32】従来技術における位相シフトマスクを用いた場合のマスク後の電場およびウェハ上の光強度を示す模式図である。

【図33】従来技術における位相シフトマスクを用いた場合のマスク上の電場およびウェハ上の電場を示す模式図である。

【図34】露光光の透過率とレジスト膜の膜厚の関係を示す図である。

10 【図35】従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図36】従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図37】従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図38】従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図39】従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第5製造工程を示す断面図である。

20 【図40】従来技術における位相シフトマスクの問題点示す断面図である。

【図41】従来技術における位相シフトマスクを用いた露光方法の問題点を示す図である。

【符号の説明】

1 石英基板

4 第2の光透過部

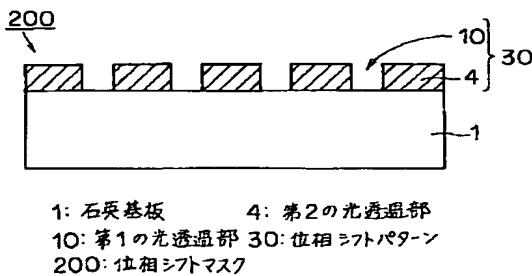
10 第1の光透過部

30 位相シフトパターン

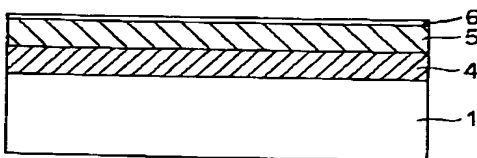
200 位相シフトマスク

＊30 なお、図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

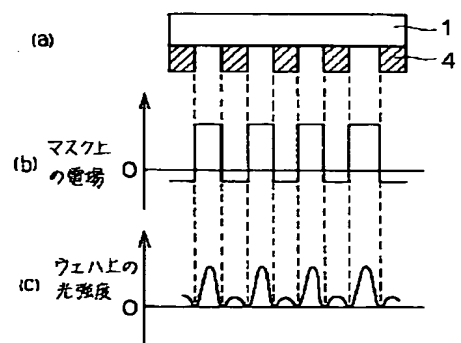
【図1】



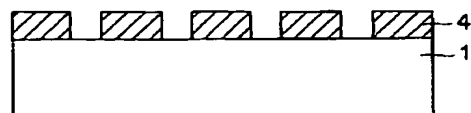
【図3】



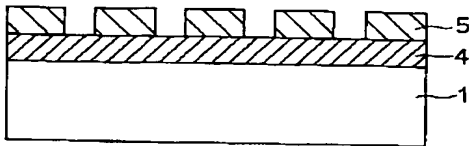
【図2】



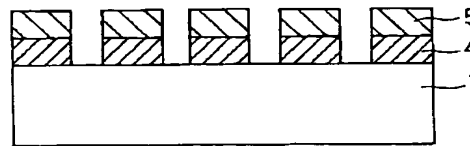
【図6】



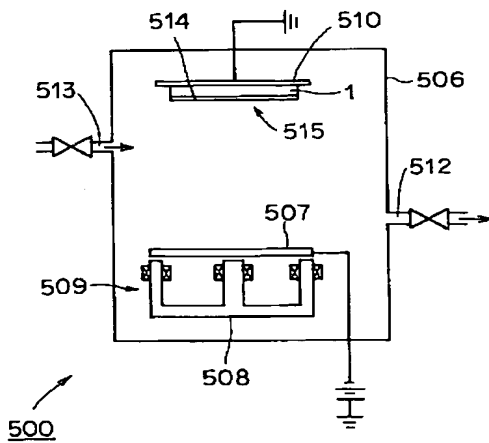
【図4】



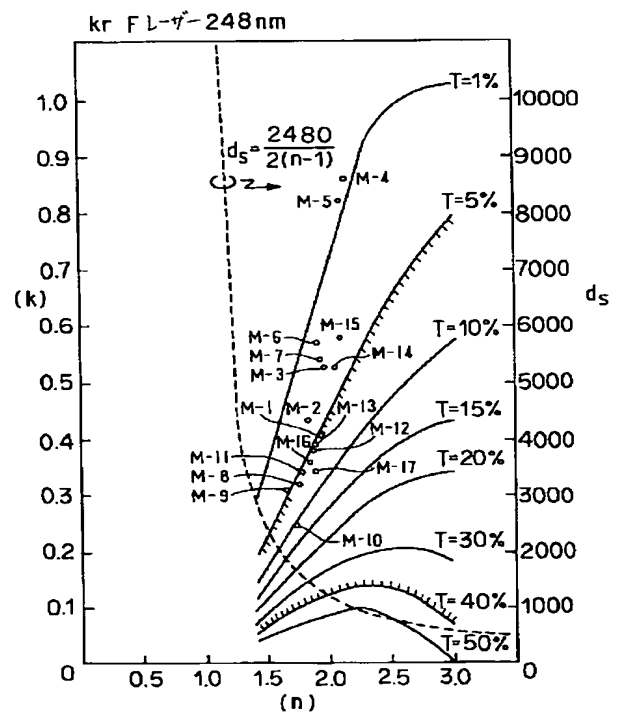
【図5】



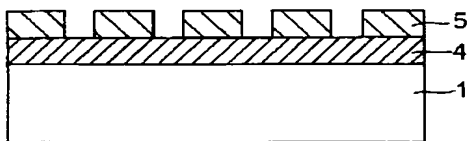
【図7】



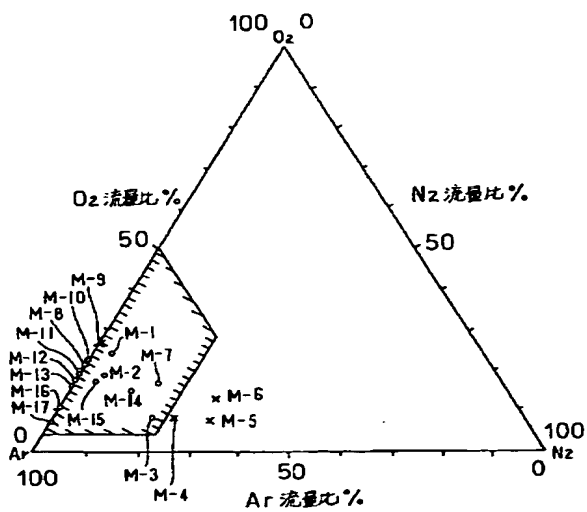
【図8】



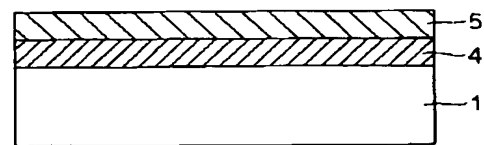
【図13】



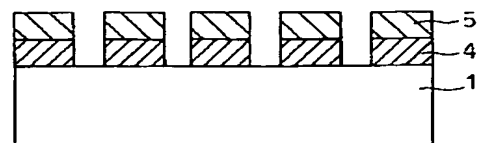
【図11】



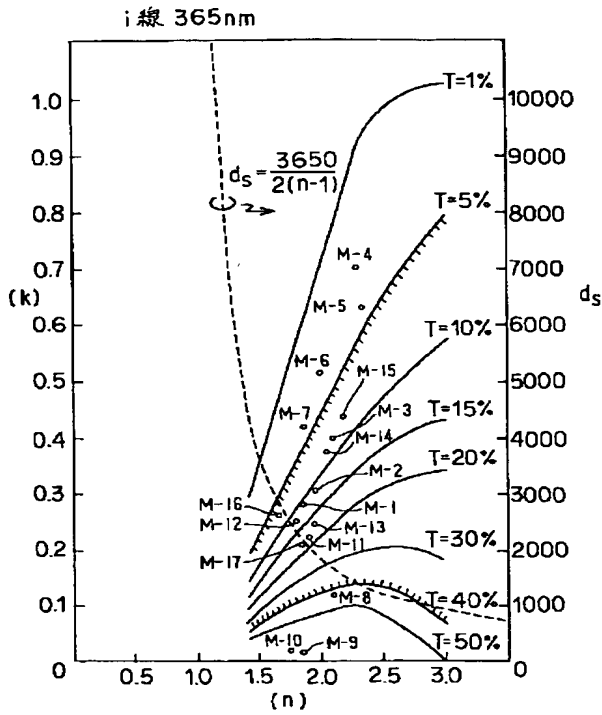
【図12】



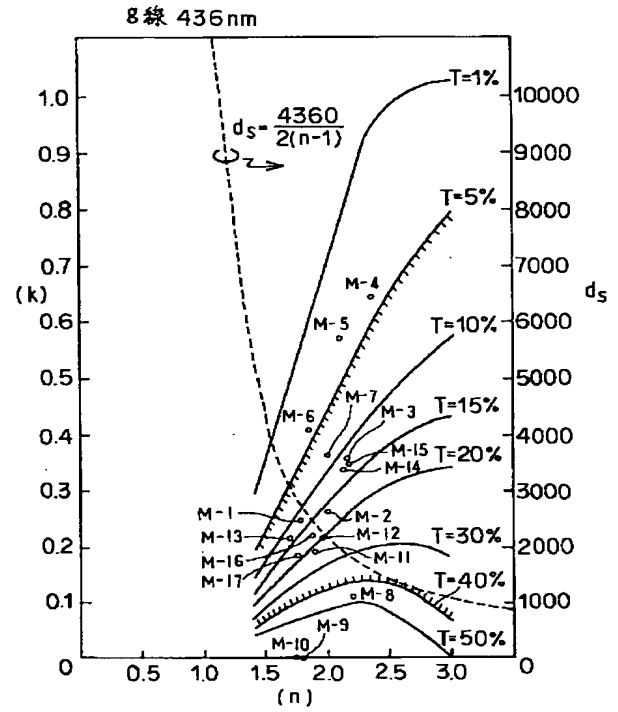
【図14】



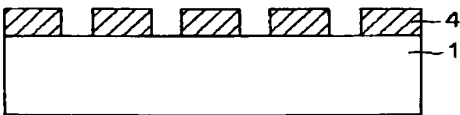
【図9】



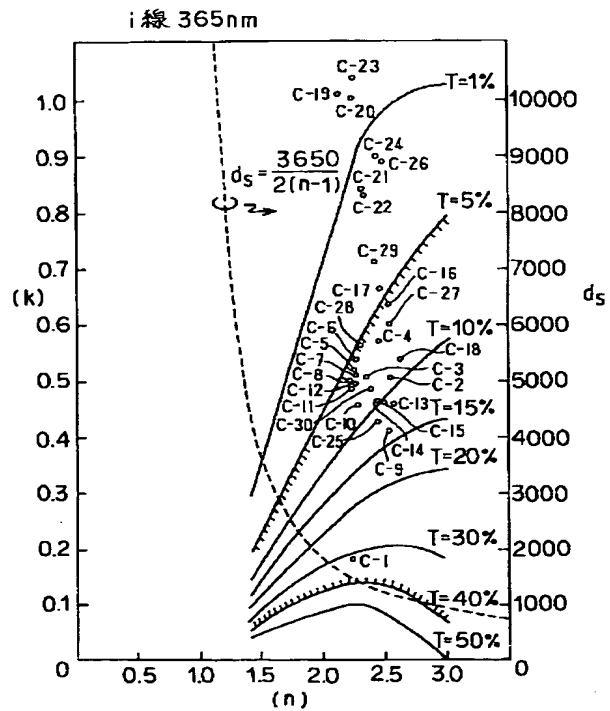
【図10】



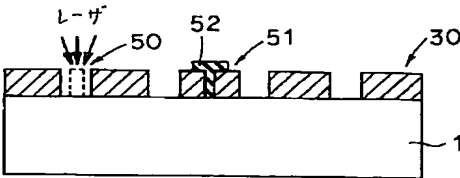
【図15】



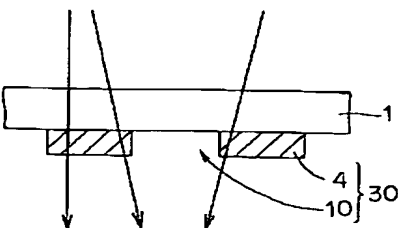
【図16】



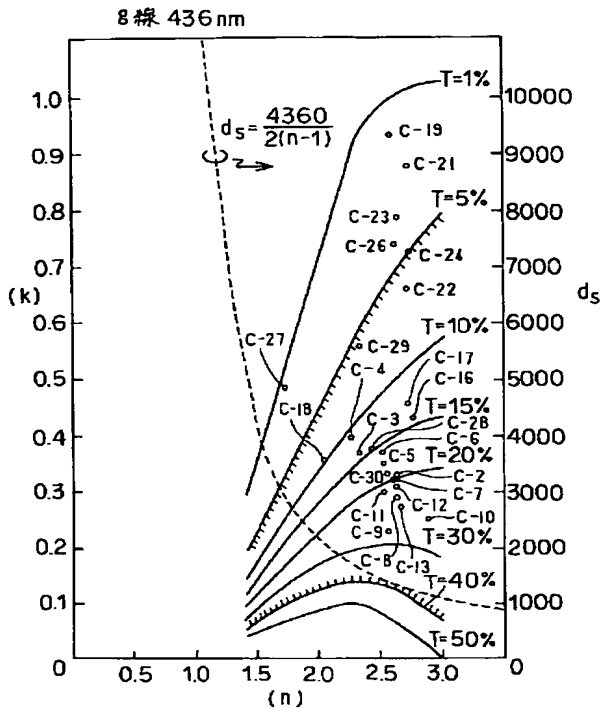
【図26】



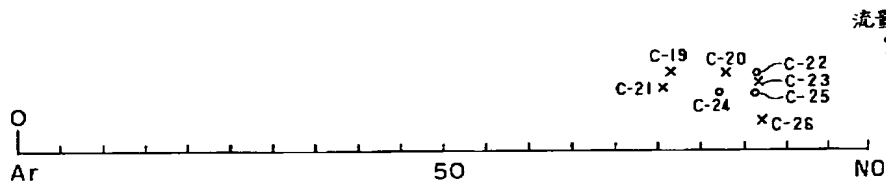
【図27】



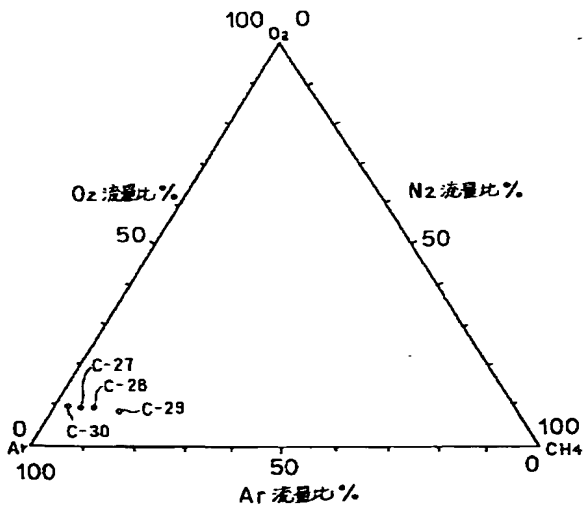
【図17】



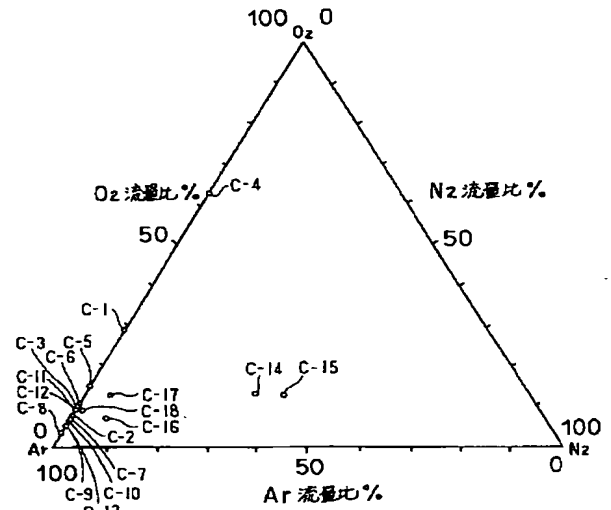
【図19】



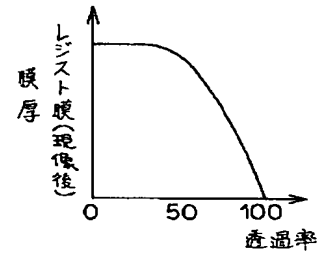
【図20】



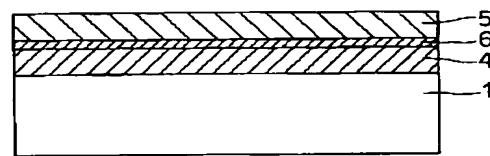
【図18】



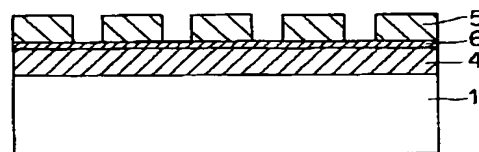
【図34】



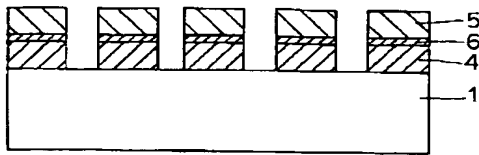
【図21】



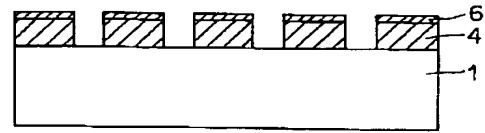
【図22】



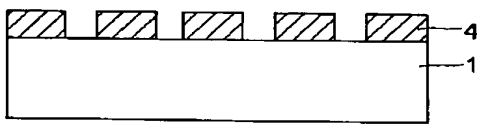
【図23】



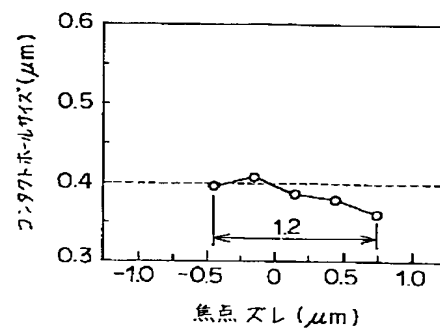
【図24】



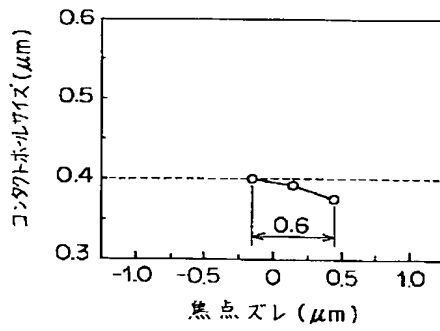
【図25】



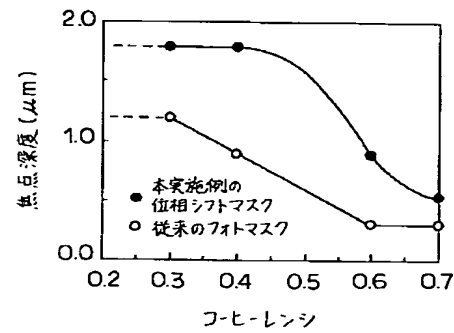
【図28】



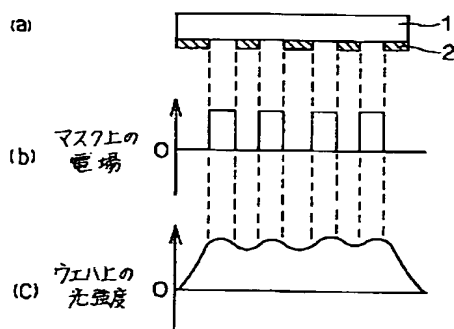
【図29】



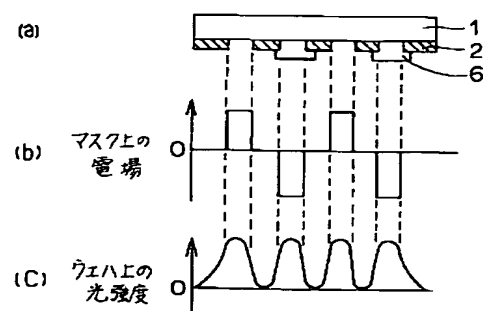
【図30】



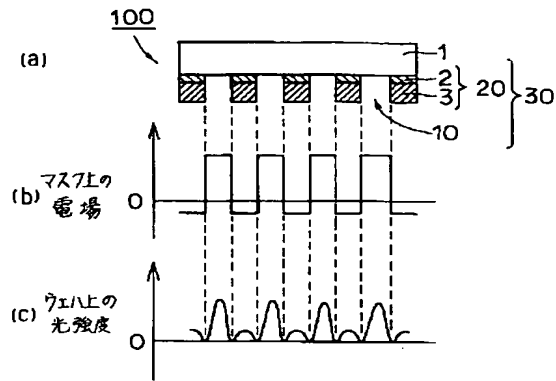
【図31】



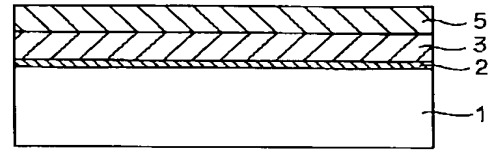
【図32】



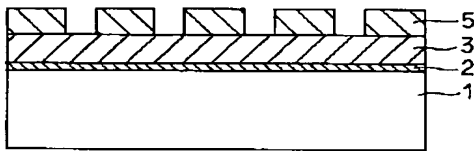
【図33】



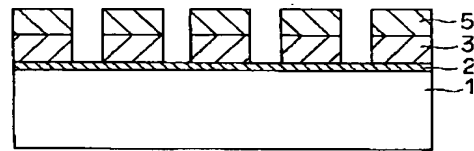
【図35】



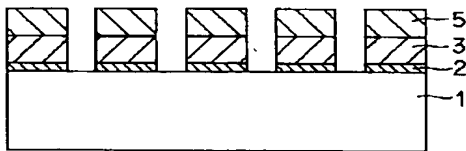
【図36】



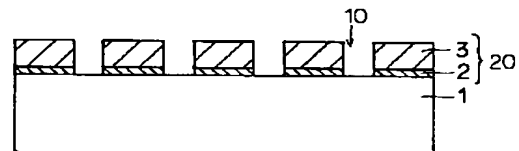
【図37】



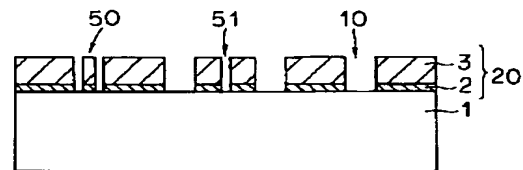
【図38】



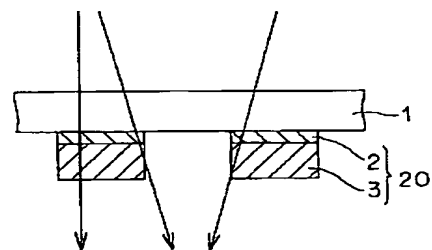
【図39】



【図40】



【図41】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>  
H01L 21/3065

識別記号 片内整理番号

F1

技術表示箇所

H01L 21/302

H



(72)発明者 吉岡 信行  
兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機  
株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究  
所内

(72)発明者 宮崎 順二  
兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機  
株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究  
所内

(72)発明者 渡壁 弥一郎  
兵庫県伊丹市瑞原4丁目1番地 三菱電機  
株式会社ユー・エル・エス・アイ開発研究  
所内

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 6 部門第 2 区分

【発行日】平成 10 年（1998）10 月 9 日

【公開番号】特開平 7-140635

【公開日】平成 7 年（1995）6 月 2 日

【年通号数】公開特許公報 7-1407

【出願番号】特願平 5-285327

【国際特許分類第 6 版】

G03F 1/08  
1/14  
H01L 21/027  
21/3065

【F I】

G03F 1/08 A  
1/14 G  
H01L 21/30 502 P  
528  
21/302 H

【手続補正書】

【提出日】平成 9 年 3 月 5 日

【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正内容】

【書類名】 明細書

【発明の名称】 位相シフトマスクおよびその製造方法  
ならびにその位相シフトマスクを用いた露光方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光光を透過する基板と、  
この基板の主表面上に形成された位相シフトパターン  
と、を備え、

前記位相シフトパターンは、  
前記基板が露出する第 1 の光透過部と、  
透過する露光光の位相と透過率とが、前記第 1 の光透過  
部を透過する露光光の位相に対して 180° 変換し、かつ、  
透過率が 5%～40% であり、金属シリサイドの酸化  
物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料か  
らなる第 2 の光透過部と、を有する位相シフトマスク。

【請求項 2】 前記第 2 の光透過部は、モリブデンシリ  
サイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化  
物からなる、請求項 1 に記載の位相シフトマスク。

【請求項 3】 露光光を透過する基板の主表面上に、透  
過する露光光の位相を 180° 変換し、かつ 5%～40  
%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタ  
リング法を用いて形成する工程と、  
この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジ  
スト膜を形成する工程と、

このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法に  
より前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板  
が露出してなる第 1 の光透過部と前記位相シフト膜から  
なる第 2 の光透過部とを形成する工程と、を備え、  
前記位相シフト膜は、  
モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと  
酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸  
化物の膜を形成する工程を含む、位相シフトマスクの製  
造方法。

【請求項 4】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分  
率の範囲は、アルゴンが 76%～92%の範囲であり、  
残りが酸素である請求項 3 に記載の位相シフトマスクの  
製造方法。

【請求項 5】 露光光を透過する基板の主表面上に、透  
過する露光光の位相を 180° 変換し、かつ 5%～40  
%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタ  
リング法を用いて形成する工程と、  
この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジ  
スト膜を形成する工程と、

このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法に  
より前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板  
が露出してなる第 1 の光透過部と前記位相シフト膜から  
なる第 2 の光透過部とを形成する工程と、を備え、  
前記位相シフト膜を形成する工程は、  
モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、  
酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリ  
サイド酸化窒化物の膜を形成する工程を含む、位相シフ  
トマスクの製造方法。

【請求項 6】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分

率の範囲は、アルゴンが65%～79%、酸素が8%～24%、窒素が3%～20%である請求項5に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項7】 露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成する工程と、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜を形成する工程と、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部とを形成する工程と、を備え、前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンが36%～97%、残りが酸素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜を形成する工程を含む、位相シフトマスクの製造方法。

【請求項8】 露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成する工程と、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜を形成する工程と、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部とを形成する工程と、を備え、前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンが48%～90%、酸素が1%～39%、窒素が6%～14%である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜を形成する工程を含む、位相シフトマスクの製造方法。

【請求項9】 露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成する工程と、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜を形成する工程と、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部とを形成する工程と、を備え、前記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンが82%～87%、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜を形成する工程を含む、位相シフトマスクの製造方法。

【請求項10】 露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～4

0%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成する工程と、

この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜を形成する工程と、

このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により前記位相シフト膜のエッチングを行ない、前記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部とを形成する工程と、を備え、

前記位相シフト膜を形成する工程は、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが78%～88%、酸素が2%～13%、メタンが8%～10%の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜を形成する工程を含む、位相シフトマスクの製造方法。

【請求項11】 スパッタリング法により前記位相シフト膜を形成する工程と、前記レジスト膜を形成する工程との間に、金属膜を形成する工程をさらに含む、請求項3、請求項5、請求項7～請求項10のいずれかに記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項12】 前記金属膜は、モリブデン膜またはクロム膜である、請求項3、請求項5、請求項7～請求項10のいずれかに記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項13】 前記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、フッ化炭素と酸素との混合ガスを用いてドライエッチング法により行なう工程を含む、請求項3～請求項6のいずれかに記載のシフトマスクの製造方法。

【請求項14】 前記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、塩化メチレンと酸素との混合ガス、塩素と酸素との混合ガスおよび塩素ガスからなる群より選択される1種類のガスを用いてドライエッチング法により行なう工程を含む、請求項7～請求項10のいずれかに記載のシフトマスクの製造方法。

【請求項15】 前記位相シフト膜を形成する工程は、前記位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成した後、200℃以上の熱処理を行なう工程を含む、請求項3～請求項10のいずれかに記載の位相シフトマスクの製造方法。

【請求項16】 パターン形成層の上にレジスト膜を塗布する工程と、

前記レジスト膜を、露光光を透過する基板の上に形成された、前記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが前記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5%～40%であり、金属シリサイドの酸化窒化物または金属シリサイドの酸化物の単一の材料からなる第2の光透過部とを有する位相シフトパターンを有する位相シフトマスクを用いて前記レジスト膜を露光する工程と、を備えた、位相シフトマスクを用いた露光方法。

【請求項17】 露光光を透過する基板の上に成膜され

た状態において、透過する露光光の位相と透過率とが、前記基板のみを透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5%～40%であり、金属シリサイドの酸化物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料からなる位相シフト膜。

【請求項18】 前記単一の材料は、モリブデンシリサイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる、請求項17に記載の位相シフト膜。

【請求項19】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項20】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが76%～92%の範囲であり、残りが酸素である、請求項19に記載の位相シフト膜の製造方法。

【請求項21】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項22】 前記混合ガスの各成分を占める体積百分率の範囲は、アルゴンが65%～79%、酸素が8%～24%、窒素が3%～20%である、請求項21に記載の位相シフト膜の製造方法。

【請求項23】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが36%～97%、残りが酸素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項24】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが48%～90%、酸素が1%～39%、窒素が6%～14%である混

合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項25】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが82%～87%、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項26】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが78%～88%、酸素が2%～13%、メタンが8%～10%の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフト膜の製造方法。

【請求項27】 露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフト膜と、を備えた位相シフトマスク用ブランクスであって、

前記位相シフト膜は、前記位相シフトマスク用ブランクスを透過する露光光の位相と透過率とが、前記基板のみを透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5%～40%であり、金属シリサイドの酸化物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料からなる、位相シフトマスク用ブランクス。

【請求項28】 前記単一の材料は、モリブデンシリサイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる、請求項27に記載の位相シフトマスク用ブランクス。

【請求項29】 前記基板の上に、金属膜をさらに備える、請求項27または請求項28に記載の位相シフトマスク用ブランクス。

【請求項30】 前記金属膜は、モリブデン膜またはクロム膜である、請求項29に記載の位相シフトマスク用ブランクス。

【請求項31】 前記位相シフトマスク用ブランクスは、前記基板の上に、レジスト膜をさらに備える、請求項27～請求項30のいずれかに記載の位相シフトマスク用ブランクス。

【請求項32】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、

モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと

酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項33】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが76%～92%の範囲であり、残りが酸素である、請求項32に記載の位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項34】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、

モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項35】 前記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが65%～79%、酸素が8%～24%、窒素が3%～20%である、請求項34に記載の位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項36】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが36%～97%、残りが酸素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項37】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが48%～90%、酸素が1%～39%、窒素が6%～14%である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項38】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが82%～87%、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項39】 スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を1

80°変換し、かつ5%～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、

クロムのターゲットを用い、アルゴンが78%～88%、酸素が2%～13%、メタンが8%～10%の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜からなる位相シフト膜を形成する、位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項40】 前記位相シフトマスク用ブランクを形成する工程は、

前記位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成した後、200℃以上の熱処理を行なう工程を含む、請求項32～請求項39に記載の位相シフトマスク用ブランクの製造方法。

【請求項41】 露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンとを備え、前記位相シフトパターンは、前記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相および透過率が前記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ透過率が5%～40%であり、金属の酸化膜、金属の酸化窒化膜、金属シリサイドの酸化膜および金属シリサイドの酸化窒化膜からなる群より選択される1種類の膜からなる第2の光透過部とを有する位相シフトマスクにおいて、前記第2の光透過部に残り欠陥（黒欠陥）またはピンホール欠陥（白欠陥）が生じた場合の位相シフトマスクの欠陥検査方法であって、前記位相シフトマスクに対し、水銀ランプを光源とする光を用いて、チップ比較方式により、欠陥検査を行なう、位相シフトマスクの欠陥検査方法。

【請求項42】 露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンとを備え、前記位相シフトパターンは、前記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相および透過率が前記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ透過率が5%～40%であり、金属の酸化膜、金属の酸化窒化膜、金属シリサイドの酸化膜および金属シリサイドの酸化窒化膜からなる群より選択される1種類の膜からなる第2の光透過部とを有する位相シフトマスクにおいて、前記第2の光透過部に残り欠陥（黒欠陥）が生じた場合の位相シフトマスクの欠陥修正方法であって、前記第2の光透過部に生じた残り欠陥（黒欠陥）に対して、YAGレーザまたはFIBによるスパッタエッチングにより残り欠陥の修正を行なう位相シフトマスクの欠陥修正方法。

【請求項43】 露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンとを備え、前記位相シフトパターンは、前記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相および透過率が前記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180

・変換し、かつ透過率が5%~40%であり、金属の酸化膜、金属の酸化窒化膜、金属シリサイドの酸化膜および金属シリサイドの酸化窒化膜からなる群より選択される1種類の膜からなる第2の光透過部とを有する位相シフトマスクにおいて、前記第2の光透過部にピンホール欠陥（白欠陥）が生じた場合の位相シフトマスクの欠陥修正方法であって、

前記第2の光透過部に生じたピンホール欠陥（白欠陥）に対して、FIBアシストデポジション方法によるカーボン系膜のデポジションにより、ピンホール欠陥の埋め込み修正を行なう位相シフトマスクの欠陥修正方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、位相シフトマスクに関し、特に、露光波長の光を減衰させる減衰型の位相シフトマスクの構造およびその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体集積回路における高集積化および微細化には目ざましいものがある。それに伴い、半導体基板（以下、単にウェハと称す）上に形成される回路パターンの微細化も急速に進んできている。

【0003】中でも、フォトリソグラフィ技術が、パターン形成における基本技術として広く認識されるところである。よって、今日までに種々の開発、改良がなされてきている。しかし、パターンの微細化は止まるところを知らず、パターンの解像度向上への要求もさらに強いものとなってきている。

【0004】一般に、縮小露光方法を用いたフォトリソグラフィ技術における解像限界 $R$ （nm）は、 $R = k_1 \cdot \lambda / (NA) \dots (1)$

と表わされる。ここで、 $\lambda$ は使用する光の波長（nm）、 $NA$ はレンズの開口数、 $k_1$ はレジストプロセスに依存する定数である。

【0005】上式からわかるように、解像限界の向上を図るためには、 $k_1$ と $\lambda$ との値は小さくし、 $NA$ の値は大きくすればよい。つまり、レジストプロセスに依存する定数を小さくするとともに、短波長化や高 $NA$ 化を進めればよいのである。

【0006】しかし、光源やレンズの改良は技術的に難しく、また短波長化および高 $NA$ 化を進めることによって、光の焦点深度 $\delta$ （ $\delta = k_2 \cdot \lambda / (NA)^2$ ）が浅くなり、かえって解像度の低下を招くといった問題も生じてくる。

【0007】ここで、図31（a）、（b）、（c）を参照して、従来のフォトマスクを使用したときのマスク断面、マスク上の電場およびウェハ上の光強度について説明する。

【0008】まず、図31（a）を参照して、マスク断面の構造について説明する。ガラス基板1上には、クロ

ムなどからなる金属マスクパターン2が形成されている。

【0009】次に、図31（b）を参照して、マスク上の電場は、マスクパターンに沿った電場となる。しかし、図31（c）を参照して、ウェハ上の光強度は、微細なパターンの転写の場合隣合ったパターン像においては、マスクを透過した光が、光の回折現象および干渉効果により光の重なり合う部分において、互いに強め合うことになる。この結果、ウェハ上の光強度の差が小さくなってしまい、解像度が低下するといった問題点があった。

【0010】これを解決するフォトマスクとして、たとえば特開昭57-62052号公報および特開昭58-173744号公報により、位相シフトマスクによる位相シフト露光法が提案されている。

【0011】ここで、図32（a）、（b）、（c）を参照して、特開昭58-173744号公報に開示された位相シフトマスクによる位相シフト露光法について説明する。

【0012】図32（a）は位相シフトマスクの断面を示している。図32（b）は、マスク上の電場を示している。図32（c）は、ウェハ上の光強度が示されている。

【0013】まず、図32（a）を参照して、ガラス基板1上に形成されたクロムマスクパターン2の開口部には、1つおきにシリコン酸化膜などの透明絶縁膜よりなる位相シフト6を設けることにより位相シフトマスクを形成している。

【0014】次に、図32（b）を参照して、この位相シフトマスクを透過した光によるマスク上の電場は、その位相が交互に180°反転して構成されている。そのため、隣合ったパターン像においては、位相シフトマスクを透過した光は重なり合う光の位相が反転する。

【0015】したがって、光の干渉効果により、光の重なり合う部分において互いに打ち消しあうことになる。この結果、図32（c）に示すように、ウェハ上の光強度の差は十分となり、解像度の向上を図ることが可能となる。

【0016】しかし、上記位相シフトマスクは、ライン・アンド・スペースなどの周期的なパターンに対しては非常に有効ではあるが、パターンが複雑な場合には、位相シフトの配置等が非常に困難となり、任意のパターンには設定できないという問題点があった。

【0017】そこで、さらに上記問題点を解決する位相シフトマスクとして、たとえば、「JJAP Series 5 Proc. of 1991 Intern. Microprocess Conference p. 3-9」および「特開平4-136854号公報」において、減衰型の位相シフトマスクが開示されている。以下、特開平4-136854号公報に開示され

た、減衰型の位相シフトマスクについて説明する。

【0018】図33を参照して、図33(a)は、上記減衰型の位相シフトマスクの断面図を示す図である。図33(b)はマスク上の電場を示す図である。図33(c)はウェハ上の光強度を示す図である。

【0019】まず、図33(a)を参照して、位相シフトマスク100の構造は、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に形成された、上記主表面を露出する第1の光透過部10と、透過する露光光の位相を前記第1の光透過部10を透過する露光光の位相に対して $180^\circ$ 変換する第2の光透過部20とを含む所定の露光パターンを有する位相シフトパターン30とを備えている。

【0020】また、上述した第2の光透過部20は、露光光に対する透過率は5～40%のクロム層2と、透過光との位相差が $180^\circ$ となるシフト層3との2層構造となっている。

【0021】上記構造よりなる位相シフトマスク100を通過する露光光のマスク上の電場は、図33(b)に示すようになる。よって、ウェハ上の光強度は、図33(c)に示すように露光パターンのエッジで位相が反転する。

【0022】したがって、露光パターンのエッジでの光強度が図に示すように必ず0となり、露光パターンの光透過部10と位相シフト部20との電場の差は十分となり、高い解像度を得ることが可能となる。

【0023】なお、上述した第2の光透過部20の露光光に対する透過率を5～40%としたのは、リソグラフィにおいて適正な露光量とするために、図34に示すように、透過率によってレジスト膜の現像後の膜厚を調整するためである。

【0024】次に、上記位相シフトマスク100の製造方法について説明する。図35～図39は、図33に示す位相シフトマスク100の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0025】まず、図35を参照して、ガラス基板1の上に、露光光に対する透過率が5～40%、膜厚50～200Å程度のクロム膜2を形成する。その後、このクロム膜2の上に、透過する露光光の位相が $180^\circ$ 変換する膜厚3000～4000Å程のを有するSiO<sub>2</sub>膜3を形成する。その後、このSiO<sub>2</sub>膜3の上に、電子ビーム用レジスト膜5を形成する。

【0026】次に、図36を参照して、電子ビーム用レジスト膜5の所定箇所に、電子ビームを露光して、現像することにより、所望のパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0027】次に、図37を参照して、レジスト膜5をマスクとして、CHF<sub>3</sub>系のガスを用いてSiO<sub>2</sub>膜をエッチングする。その後、図38を参照して、再びレジスト膜5およびSiO<sub>2</sub>膜3をマスクとして、ウェット

エッチングによりクロム膜2のエッチングを行なう。

【0028】次に、図39を参照して、レジスト膜5を除去することにより、位相シフトマスク100が完成する。

【0029】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術においては、第2の光透過部20の構成は、透過率を制御するクロム膜2と位相差を制御するSiO<sub>2</sub>膜3との2層構造となっている。このために、クロム膜を形成するための装置およびその工程と、SiO<sub>2</sub>膜を形成するための装置およびその工程が必要となる。

【0030】また、クロム膜とSiO<sub>2</sub>膜のエッチング時においても、それぞれ別々のエッチング剤を用いてエッチングを行わなければならない、したがって、プロセスが多工程となるために、欠陥の発生する確率やパターン寸法の加工誤差を含む確率が高くなるといった問題点を有している。

【0031】また、図40を参照して、位相シフトマスクのパターンに、残り欠陥(黒欠陥)50やピンホール欠陥(白欠陥)51が生じた場合、これらの欠陥を修正するために、クロム膜とSiO<sub>2</sub>膜との各膜に適応可能な修正方法が必要となる。そのために、従来の修正方法を用いることができないという問題点もあった。

【0032】さらに、図40を参照して、上述した位相シフトマスク100を用いた露光方法によれば、位相シフトマスク100の第2の光透過部20の膜厚は3050Å～4200Å程度と比較的厚いものとなる。したがって、露光光源からの露光光のうち、図に示すように傾いた成分を有する露光光は、位相シフトマスク100の第2の光透過部20を透過しても、確実には位相差が $180^\circ$ 変換されず、位相差が異なった成分を有する露光光が生じてしまうという問題点があった。

【0033】この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、位相シフトマスクの製造時のプロセスの低減を図り、高品質の位相シフトマスクおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0034】さらに、この発明は、位相シフトマスクを用いた露光方法において、半導体装置の製造工程における露光不良の改善を図り、歩留りの向上を図ることを可能とした位相シフトマスクを用いた露光方法を提供することを目的とする。

【0035】さらに、この発明は、位相シフトマスクの製造時のプロセスの低減を図り、高品質の位相シフトマスクを提供することのできる位相シフト膜およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0036】さらに、この発明は、位相シフトマスクの製造時のプロセスの低減を図り、高品質の位相シフトマスクを提供することのできる位相シフトマスク用ブランクスおよびその製造方法を提供することを目的とする。

【0037】

【課題を解決するための手段】この発明に基づいた位相シフトマスクにおいては、露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフトパターンとを備えている。また、上記位相シフトパターンを、上記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、金属の酸化物、金属の酸化窒化物、金属シリサイドの酸化物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料からなる第2の光透過部とを有している。

【0038】さらに好ましくは、上記第2の光透過部は、モリブデンシリサイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化物からなる群より選択される1種類の材料から構成されている。

【0039】さらに好ましくは、上記第2の光透過部の透過率は、上記第2の光透過部に含有される酸素または窒素により制御され、位相差は、膜厚によって制御されている。

【0040】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクの製造方法においては、以下の工程を備えている。

【0041】まず、露光光を透過する基板の上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5～40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜がスパッタリング法を用いて形成される。その後、この位相シフト膜の上に、所定のパターンを有するレジスト膜が形成される。

【0042】次に、このレジスト膜をマスクとして、ドライエッチング法により、上記位相シフト膜のエッチングが行なわれ、上記基板が露出してなる第1の光透過部と前記位相シフト膜からなる第2の光透過部が形成される。

【0043】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0044】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率は、アルゴンガスが76%～92%の範囲であり、残りが酸素ガスである。

【0045】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンガス、酸素ガスおよび窒素ガスの混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0046】さらに好ましくは、上記混合ガスの各成分を占める体積百分率の範囲は、アルゴンガスが65%～79%、酸素ガスが8%～24%、窒素ガスが3%～20%である。

【0047】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンガ

スが36%～97%の範囲であり、残りが酸素ガスである混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0048】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンガスが48%～90%、酸素が1%～39%、窒素が6%～14%である混合ガス雰囲気中で、クロムの酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0049】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンガスが82%～87%の範囲であり、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0050】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、クロムのターゲットを用い、アルゴンガスが78%～88%、酸素が2%～13%、メタンが8～10%である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜が形成される工程を含んでいる。

【0051】さらに好ましくは、上記位相シフトマスクを形成する工程には、上記位相シフト膜を形成する工程と上記レジスト膜を形成する工程との間にスパッタリング法によりモリブデン膜からなる帯電防止膜が形成される工程を含んでいる。

【0052】さらに好ましくは、上記帯電防止膜を形成する工程は、上記位相シフト膜を形成する工程と上記レジスト膜を形成する工程との間にスパッタリング法により、クロム膜が形成される。

【0053】さらに好ましくは、上記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、フッ化炭素と酸素との混合ガスを用いてドライエッチング法により行なわれる。

【0054】さらに好ましくは、上記位相シフト膜のエッチングを行なう工程は、塩化メチレンと酸素との混合ガス、塩素と酸素との混合ガスおよび塩素ガスからなる群より選択される1種類のガスを用いてドライエッチング法により行なわれる。

【0055】さらに好ましくは、上記位相シフト膜を形成する工程は、位相シフト膜をスパッタリング法を用いて形成した後に、200℃以上の加熱処理を行なう工程を含んでいる。

【0056】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法においては、以下の工程を備えている。

【0057】まず、パターン形成層の上にレジスト膜が塗布される。その後、上記レジスト膜を、露光光を透過する基板の上に形成された上記基板が露出する第1の光透過部と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部とを有する位相シフトパターンを備えた位相シフトマスクを用いて露光する工程とを備



えている。

【0058】次に、この発明に基づいた位相シフト膜においては、露光光を透過する基板の上に成膜された状態において、透過する露光光の位相と透過率とが、前記基板のみを透過する露光光の位相に対して $180^\circ$ 変換し、かつ、透過率が5%~40%であり、金属シリサイドの酸化物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料から形成されている。

【0059】また、好ましくは、上記単一の材料は、モリブデンシリサイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化物から形成されている。

【0060】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法においては、以下の工程を備えている。

【0061】まず、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%の透過率を有し、所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0062】また、好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが76%~92%の範囲であり、残りが酸素である。

【0063】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法の他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素の混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0064】さらに、好ましくは、上記混合ガスの各成分の占める体積百分率の範囲は、アルゴンが65%~79%、酸素が8%~24%、窒素が3%~20%である。

【0065】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが36%~97%、残りが酸素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0066】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%

の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが48%~90%、酸素が1%~39%、窒素が6%~14%である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0067】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが82%~87%、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0068】次に、この発明に基づいた位相シフト膜の製造方法においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を形成する位相シフト膜の製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが78%~88%、酸素が2%~13%、メタンが8%~10%の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0069】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクスにおいては、露光光を透過する基板と、この基板の主表面上に形成された位相シフト膜と、を備えた位相シフトマスク用ブランクスであって、上記位相シフト膜は、上記位相シフトマスク用ブランクスを透過する露光光の位相と透過率とが、上記基板のみを透過する露光光の位相に対して $180^\circ$ 変換し、かつ、透過率が5%~40%であり、金属シリサイドの酸化物または金属シリサイドの酸化窒化物の単一の材料から形成されている。

【0070】また、好ましくは、上記位相シフトマスク用ブランクスは、上記基板の上に、モリブデン膜からなる帯電防止膜をさらに備えている。

【0071】また、好ましくは、上記単一の材料は、モリブデンシリサイドの酸化物またはモリブデンシリサイドの酸化窒化物から形成されている。

【0072】また、好ましくは、上記位相シフトマスク用ブランクスは、上記基板の上に、クロム膜からなる帯電防止膜をさらに備えている。

【0073】また、好ましくは、上記位相シフトマスク用ブランクスは、上記基板の上に、レジスト膜をさらに備えている。

【0074】次に、この発明にもとづいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を $180^\circ$ 変換し、かつ5%~40%

％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、モリブデンシリサイドの用い、アルゴンと酸素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0075】また好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが76％～92％の範囲であり、残りが酸素である。

【0076】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法の他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5％～40％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、モリブデンシリサイドのターゲットを用い、アルゴン、酸素および窒素との混合ガス雰囲気中で、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0077】また好ましくは、上記混合ガスの各成分が占める体積百分率の範囲は、アルゴンが65％～79％、酸素が8％～24％、窒素が3％～20％である。

【0078】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5％～40％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが36％～97％、残りが酸素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化物の膜からなる位相シフト膜が形成されている。

【0079】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5％～40％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが48％～90％、酸素が1％～39％、窒素が6％～14％である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0080】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5％～40％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが82％～87％、残りが一酸化窒素である混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化物の膜からなる位相シフト膜が

形成される。

【0081】次に、この発明に基づいた位相シフトマスク用ブランクの製造方法のさらに他の局面においては、スパッタリング法を用いて、露光光を透過する基板の主表面上に、透過する露光光の位相を180°変換し、かつ5％～40％の透過率を有する所定厚さの位相シフト膜を有する位相シフトマスク用ブランクの製造方法であって、クロムのターゲットを用い、アルゴンが78％～88％、酸素が2％～13％、メタンが8％～10％の混合ガス雰囲気中で、クロム酸化窒化炭化物の膜からなる位相シフト膜が形成される。

【0082】

【作用】以上、この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法、位相シフトマスクを用いた露光方法、位相シフトマスク用ブランクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜のみから構成されている。

【0083】また、位相シフトの製造工程においては、露光光を透過する基板の上に、スパッタリング法を用いて所定の単一材料の膜を形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部の形成が行なわれる。

【0084】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて位相シフト部を形成することが可能であり、また、エッチング工程においても、単一のエッチング剤を用いることで、位相シフト部をエッチングすることが可能となる。

【0085】その結果、従来に比べて、その製造工程が位相シフト膜の形成工程および位相シフト膜のエッチング工程がそれぞれ1回で済み、欠陥の発生する確率およびパターン寸法の加工誤差が生じる確率を低下させることが可能となり、高品質の位相シフトマスクを提供することが可能となる。

【0086】また、欠陥部分の修正も、第2の光透過部が単一材料の膜であるために、従来の方法を用いて容易に行なうことができる。

【0087】次に、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、第1の光透過部が単一材料の膜からなる位相シフトマスクを用いている。これにより、第2の光透過部の膜厚は1500Å～2000Å程度と薄く形成することができ、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても、180°の位相差を与えることが可能となる。したがって、位相シフトマスクの第2の光透過部を透過した後の露光光の位相差が均一となり、露光不良の発生を防止することが可能となる。その結果、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。

【0088】

【実施例】以下、この発明に基づいた第1の実施例について説明する。

【0089】まず、図1を参照して、この実施例における位相シフトマスクの構造について説明する。この位相シフトマスク200は、露光光を透過する石英基板1と、この石英基板1の主表面上に形成された位相シフトパターン30とを備えている。この位相シフトパターン30は、前記石英基板1が露出する第1の光透過部10と、透過する露光光の位相と透過率とが、上記第1の光透過部10を透過する露光光の位相に対して180°変換し、かつ、透過率が5～40%であり、単一の材料からなる第2の光透過部4とから構成されている。

【0090】次に、図2(a)、(b)、(c)を参照して、上記構造よりなる位相シフトマスク200を通過する露光光のマスク上の電場およびウェハ上の光強度について説明する。

【0091】図2(a)を参照して、上述した位相シフトマスク200の断面図である。図2(b)を参照して、マスク上の電場は、露光パターンのエッジで位相が反転しているために、露光パターンのエッジ部での電場が必ず0となる。よって、図2(c)を参照して、露光パターンの光透過部10と位相シフト部4とのウェハ上における電場の差が十分となり高い解像度を得ることが可能となる。

【0092】ここで、第2の光透過部4の透過率を5～40%としたのは、従来技術と同様に、透過率によってレジスト膜の現像後の膜厚を調整し、リソグラフィにおいて、適正な露光量とするためである。

【0093】次に、第2の実施例として上記位相シフトマスク200の製造方法について、位相シフト膜としてモリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜を用いた場合について説明する。

【0094】図3～図6は、図1に示す位相シフトマスク200の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0095】まず、図3を参照して、石英基板1の上に、スパッタリング法を用いて、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリサイド酸化窒化膜よりなる位相シフト膜4を形成する。このように、石英基板1の上に位相シフト膜4が形成されたものを位相シフトマスク用ブランクスと呼ぶ。

【0096】その後、この位相シフト膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて200℃以上の加熱処理を行なう。

【0097】これにより、従来位相シフト膜の成膜のレジスト塗布プロセスなどの加熱処理(約180℃)による透過率の変動(0.5～1.0%)を防止することができる。

【0098】次に、この位相シフト膜4の上に、電子ビーム用レジスト膜5(日本ゼオン製ZEP-810S(登録商標))などを膜厚約5000Å形成する。その後、モリブデンシリサイド酸化膜またはモリブデンシリ

サイド酸化窒化膜は導電性を有しないため、電子ビームによる露光時の帯電を防止するために、帯電防止膜6(昭和電工製 エスパーサ100(登録商標))などを約100Å形成する。

【0099】次に、図4を参照して、電子ビーム用レジスト膜5に、電子ビームを露光し帯電防止膜6を水洗で除去する。その後、レジスト膜5を現像することにより、所定のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0100】次に、図5を参照して、上記レジスト膜5をマスクとして、位相シフト膜4のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRFイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を60mm、作動圧力0.3Torr、反応ガスCF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub>を用いてそれぞれの流量を95sccmおよび5sccmにより、エッチング時間約11分によりエッチングを行なう。

【0101】次に、図6を参照して、レジスト膜5を除去する。以上により、この実施例における位相シフトマスクが完成する。

【0102】次に、上述したスパッタリング法を用いた位相シフト膜の形成について、以下詳述する。位相シフト膜に要求される条件としては、まず露光光に対する透過率が5～40%の範囲内であること、および露光光の位相を180°変換させることが要求される。

【0103】よって、これらの条件を満たす膜として、本実施例においては上述したように、モリブデンシリサイド酸化物およびモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜を用いた。

【0104】まず、図7を参照して、上記膜を形成するためのスパッタリング装置について説明する。

【0105】図7に示すスパッタリング装置は、DCマグネトロンスパッタリング装置500の構成を示す概略図である。

【0106】このDCマグネトロンスパッタリング装置500は、真空槽506の内部に、ターゲット507と、マグネット508とからなるマグネロンカソード509が設けられている。

【0107】また、ターゲット507に、所定の距離を隔てて対向してアノード510が配置され、このアノード510のターゲット507の対向面上に、たとえば、2.3mm厚さ、127mm角の石英基板1が配置されている。

【0108】さらに、排気管512およびガス導入管513が真空槽506の所定の位置に設けられている。膜の形成時においては、ターゲットとして、モリブデンシリサイドを用い、成膜時の上記石英基板1の温度は、図示しないヒータおよび温度制御装置により、60℃～150℃に保持されている。

【0109】このような状態において、ガス導入管51

3からスパッタガスとしてのアルゴンと、反応ガスとしての酸素および窒素との混合ガスを所定の割合で導入し、真空層506内の圧力を所定の値に保持し、両電極間に直流電圧をかける。

【0110】本実施例においては、この位相シフト膜の成膜において、種々のケースのモリブデンシリサイド酸化物およびモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる位相シフト膜を形成した。

【0111】表1は、上記スパッタ条件の下で、混合ガスの流量比を種々設定した場合の各ケースにおける真空層506内の圧力、堆積速度および膜質を示すものであり、ケースM-1～M-7、M-14～M-15はモリブデンシリサイド酸化窒化物の位相シフト膜であり、ケースM-8～M-13、M-16～M-17はモリブデ\*

\*ンシリサイド酸化物の位相シフト膜である。

【0112】また、表2～表4は、露光光として用いられるKrFレーザ( $\lambda=248\text{nm}$ )、i線( $\lambda=365\text{nm}$ )およびg線( $\lambda=436\text{nm}$ )に対する各ケースにおける透過率、光学定数( $n-i\cdot k$ )のn値とk値および位相を $180^\circ$ 変換させるための膜厚 $d_s$ を示すグラフである。

【0113】上記表2～表4中において、膜厚 $d_s$ は、露光光の波長 $\lambda$ 、および光学定数のn値から、 $d_s = \lambda / 2(n-1) \dots (2)$

の関係式で求めることかできる。

【0114】

【表1】

ケース	ガス流量比			圧力	堆積速度	膜質
	%			$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Torr	Å/min	
M-1	72.6	23.8	3.6	2.0	709	MoSi の酸化窒化膜
M-2	77.1	18.3	4.6	2.0	645	
M-3	72.1	8.6	19.3	2.0	600	
M-4	68.6	7.9	23.5	2.1	525	
M-5	61.4	7.0	31.6	2.1	486	
M-6	57.4	13.1	29.5	2.2	522	
M-7	65.4	17.8	16.8	2.0	578	
M-8	79.5	20.5	0	2.0	635	MoSi の酸化膜
M-9	73.3	26.7	0	2.0	600	
M-10	78.8	21.2	0	2.6	225	
M-11	81.1	18.9	0	2.6	632	
M-12	82.3	17.7	0	2.6	650	
M-13	83.5	16.5	0	2.6	754	
M-14	73.4	14.9	11.7	3.0	702	MoSi の酸化窒化膜
M-15	79.0	16.8	4.2	2.8	750	
M-16	76.0	24.0	0	2.6	830	MoSi の酸化膜
M-17	92.0	8.0	0	5.5	487	

【0115】

【表2】

ケース	KrFレーザー (波長248nm)			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	5.22	1.195	0.409	1355
M-2	3.59	1.860	0.437	1442
M-3	2.92	1.986	0.530	1258
M-4	0.69	2.14	0.868	1088
M-5	0.74	2.09	0.821	1137
M-6	1.8	1.922	0.569	1345
M-7	2.6	1.963	0.538	1288
M-8	7.0	1.79	0.318	1570
M-9	4.6	1.68	0.322	1824
M-10	10.2	1.730	0.251	1700
M-11	5.0	1.76	0.350	1630
M-12	6.13	1.91	0.384	1360
M-13	5.51	1.90	0.394	1380
M-14	3.52	2.054	0.5325	1176
M-15	3.03	2.111	0.5855	1116
M-16	4.39	1.804	0.3844	1541
M-17	6.88	1.842	0.3409	1472

【0116】

【表3】

ケース	i線 (波長365nm)			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	11.6	1.874	0.280	2088
M-2	11.5	1.950	0.304	1921
M-3	8.82	2.11	0.397	1644
M-4	2.9	2.318	0.697	1382
M-5	4.15	2.344	0.626	1362
M-6	3.5	2.01	0.511	1807
M-7	4.53	1.88	0.414	2074
M-8	44.5	2.11	0.118	1644
M-9	78.6	1.85	0.0169	2147
M-10	73.8	1.77	0.020	2370
M-11	18.7	1.91	0.222	2005
M-12	12.2	1.81	0.254	2250
M-13	17.9	1.98	0.245	1860
M-14	8.55	2.068	0.389	1709
M-15	8.71	2.189	0.420	1535
M-16	9.39	1.707	0.2536	2581
M-17	16.5	1.833	0.2207	2192

【0117】

【表4】

ケース	g線（波長436nm）			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	12.0	1.786	0.249	2774
M-2	16.4	2.006	0.265	2167
M-3	11.7	2.148	0.358	1900
M-4	3.9	2.346	0.644	1620
M-5	3.4	2.121	0.572	1945
M-6	4.4	1.860	0.410	2535
M-7	8.8	2.018	0.367	2141
M-8	46.3	2.197	0.114	1821
M-9	83.0	1.795	0.0069	2742
M-10	78.0	1.733	0.0123	2974
M-11	22.2	1.901	0.195	2420
M-12	21.1	1.982	0.220	2220
M-13	13.3	1.702	0.213	3105
M-14	13.0	2.124	0.3325	1940
M-15	11.9	2.185	0.3653	1840
M-16	17.9	1.886	0.222	2460
M-17	18.2	1.775	0.1934	2812

【0118】次に、図8ないし図10は、表2ないし表4に示された各ケースのデータをグラフに表したものであり、それぞれ横軸に光学定数のn値、左縦軸に光学定数のk値、右縦軸に膜厚d、が表わされている。

【0119】また、図8～図10中には、透過率Tを示すグラフを同時に記載している。まず、図8を参照して、露光光がKrFレーザの場合、位相シフト膜として要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1、M-8、M-10～M-13、M-17であることがわかる。

【0120】次に、図9を参照して、露光光がi線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1～M-3、M-8、M-11～M-17であることがわかる。

【0121】次に、図10を参照して、露光光がg線の場合、位相シフト膜として要求される透過率Tが5%～40%の範囲内にあるのは、M-1～M-3、M-7、M-11～M-17であることがわかる。

【0122】以上の結果、位相シフト膜として用いることのできるのは、M-1～M-3、M-7、M-8、M

-11～M-17であることがわかる。

【0123】次に、上記各ケースを、ガス流量比の関係に基づいてグラフにしたものが図11である。

【0124】図11に示すグラフは、ケースM-1～ケースM-17におけるアルゴン、酸素および窒素の割合をグラフにしたものである。

【0125】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺が窒素の流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントをプロットしたものである。また、図8～図10の上記結果から、位相シフト膜として用いることができるのは、○印、位相シフト膜として用いることができないものを×印で表している。

【0126】この図11のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、モリブデンシリサイド酸化物の膜の場合は、

アルゴンが76%～92%

酸素が18%～24%

であることがわかる。

【0127】また、モリブデンシリサイド酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが65%～79%

酸素が8%～24%

窒素が3%～20%

であることがわかる。

【0128】ここで酸素の上限を35%としたのは、これ以上、特に酸素の占める割合を50%以上にすると、スパッタリング装置の電極に酸化物が堆積して、スパッタができなくなるためであり、装置側の制約から規定したものである。

【0129】以上、この実施例に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が4～50%の透過率を有するモリブデンシリサイド酸化物またはモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜のみから構成されている。

【0130】また、その製造工程においては、上述したモリブデンシリサイド酸化物またはモリブデンシリサイド酸化窒化物からなる膜をスパッタリング法を用いて所定の膜厚に形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部を形成している。

【0131】その結果、従来のスパッタリング装置を用いて、位相シフト膜としての膜を形成し、またエッチング工程も1回となるために、欠陥が発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率を低下することが可能となる。

【0132】次に、第3の実施例として上記位相シフトマスク200の製造方法について、位相シフト膜として、クロム酸化膜またはクロム酸化窒化膜またはクロム酸化窒化炭化膜を用いた場合について説明する。

【0133】図12～図15は、図1に示す位相シフトマスク200の断面に従った製造工程を示す断面構造図である。

【0134】まず、図12を参照して、石英基板1の上に、スパッタリング法を用いて、クロム酸化膜またはクロム酸化窒化膜またはクロム酸化窒化炭化物よりなる位相シフト膜4を形成する。

【0135】次に、この位相シフト膜4の透過率を安定させるために、クリーンオープンなどを用いて約200℃以上の加熱処理を行なう。

【0136】これにより、従来位相シフト膜の成膜後のレジスト塗布プロセスにおける加熱処理（約180℃）による透過率の変動（0.5～1.0%）を防止することができる。

【0137】次に、この位相シフト膜4の上に、レジスト膜5を膜厚約5000Å形成する。

【0138】次に、図13を参照して、レジスト膜5に、i線を露光し、レジスト膜5を現像することにより、所定のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0139】次に、図14を参照して、上記レジスト膜5をマスクとして、位相シフト膜4のエッチングを行なう。このときのエッチング装置は、平行平板型のRFイオンエッチング装置を用い、電極基板間距離を100mm、作動圧力0.3 Torr、反応ガスCH<sub>4</sub>、Cl<sub>2</sub> + O<sub>2</sub>を用いてそれぞれの流量を25 sccmおよび75 sccmにより、エッチング時間約4分によってエッチングを行なう。以上により、この実施例における位相シフトマスクが完成する。

【0140】次に、上述したスパッタリング法を用いた位相シフトマスクの形成について以下詳述する。位相シフト膜に要求される条件としては、上述したように、まず露光光に対する透過率が5～40%の範囲内であること、および露光光の位相を180°変換させることが要

求される。

【0141】したがって、これらの条件を満たす膜として、本実施例においては、上述したように、クロム酸化物およびクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜を用いた。

【0142】なお、上述する位相シフト膜を形成するためのスパッタリング装置の構造については、図7に示すスパッタリング装置と同様であるために、ここでの説明は省略する。

【0143】本実施例においては、この位相シフト膜の成膜において、種々のケースのクロムの酸化膜およびクロム酸化窒化物およびクロム酸化窒化炭化物からなる位相シフトマスクを形成した。

【0144】表5は、上記スパッタ条件の下で、混合ガスの流量比を種々設定した場合の各ケースにおける真空層506内の圧力、堆積速度および膜質を示すものであり、ケースC-1～C-13はクロム酸化物の位相シフト膜であり、ケースC-14～C-26は、クロム酸化窒化物の位相シフト膜であり、ケースC-27～C-30は、クロム酸化窒化炭化物の位相シフト膜である。

【0145】また、表6～表8は、露光光として用いられるKrFレーザ（λ=248nm）、i線（λ=365nm）およびg線（λ=436nm）に対する各ケースにおける透過率、光学定数（n-i・k）のn値とk値および位相を180°変換させるための膜厚d<sub>s</sub>を示すグラフである。

【0146】上記表6～表8中において、膜厚d<sub>s</sub>は、露光光の波長λ、および光学定数のn値から、
$$d_s = \lambda / 2(n-1) \dots (2)$$

の関係式で求めることができる。

【0147】

【表5】

ケース	ガス流量比					圧力	堆積 速度	膜質
	%					$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NO	CH <sub>4</sub>	Torr	Å/min	
C-1	71.4	28.6	0	0	0	3.0	259	Cr の酸化膜
C-2	92.3	7.7	0	0	0	3.9	850	
C-3	90.0	10.0	0	0	0	3.0	900	
C-4	85.0	15.0	0	0	0	2.0	941	
C-5	85.5	14.5	0	0	0	6.1	796	
C-6	89.3	10.7	0	0	0	8.0	828	
C-7	92.7	7.3	0	0	0	4.0	758	
C-8	96.6	3.4	0	0	0	4.0	448	
C-9	94.8	5.2	0	0	0	8.1	733	
C-10	93.1	6.9	0	0	0	6.1	791	
C-11	90.2	9.81	0	0	0	4.0	824	
C-12	90.1	9.93	0	0	0	4.1	787	
C-13	95.1	4.92	0	0	0	8.2	659	
C-14	54.1	32.4	13.5	0	0	1.5	110	Cr の酸化窒化膜
C-15	48.8	39.0	12.2	0	0	1.5	108	
C-16	87.2	6.4	6.4	0	0	4.1	592	
C-17	82.9	4.9	12.2	0	0	4.2	523	
C-18	90.0	1.3	8.7	0	0	4.1	756	
C-19	76.0	0	0	24.0	0	2.0	600	
C-20	83.0	0	0	17.0	0	3.2	620	
C-21	75.5	0	0	24.5	0	2.3	570	
C-22	86.0	0	0	14.0	0	4.2	550	
C-23	86.5	0	0	13.5	0	4.1	580	
C-24	82.4	0	0	17.6	0	3.2	520	
C-25	86.2	0	0	13.8	0	4.2	129	
C-26	87.1	0	0	12.9	0	4.1	675	
C-27	85.2	5.3	0	0	9.5	4.0	471	Cr の酸化窒化炭化膜
C-28	82.9	7.9	0	0	9.2	3.0	513	
C-29	78.3	13.0	0	0	8.7	2.0	642	
C-30	87.9	2.3	0	0	9.8	8.1	399	

【0148】

【表6】

ケース	KrFレーザー（波長248nm）			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	8.9	2.782	0.5696	696
C-13	3.50	2.538	0.7448	806.2
C-25	3.80	7.565	0.7347	792

【0149】

【表7】



ケース	i線 (波長365nm)			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	31.7	2.23	0.187	1484
C-2	8.95	2.529	0.5108	1194
C-3	6.08	2.355	0.5495	1347
C-4	6.52	2.481	0.5749	1212
C-5	5.81	2.258	0.5252	1451
C-6	5.64	2.272	0.5364	1435
C-7	6.18	2.275	0.5186	1432
C-8	6.22	2.225	0.5000	1490
C-9	12.9	2.513	0.4171	1238
C-10	8.52	2.296	1.4603	1408
C-11	6.63	2.238	0.4922	1474
C-12	7.23	2.299	0.8949	1405
C-13	11.3	2.579	0.4634	1159
C-14	9.79	2.44	0.468	1267
C-15	10.0	2.50	0.476	1217
C-16	5.35	2.527	0.6365	1195
C-17	4.65	2.494	0.6588	1222
C-18	8.78	2.632	0.5399	1118
C-19	0.199	2.142	1.098	1598
C-20	0.543	2.283	1.089	1250
C-21	1.42	2.316	0.8407	1387
C-22	1.60	2.346	0.8336	1100
C-23	0.102	2.290	1.3672	1415
C-24	1.38	2.413	0.9021	1100
C-25	12.1	2.471	0.4257	1241
C-26	1.80	2.505	0.8904	1213
C-27	6.18	2.530	0.6010	1196
C-28	5.06	2.283	0.5625	1422
C-29	3.47	2.440	0.7066	1267
C-30	8.65	2.413	0.4894	1291

【0150】  
【表8】

ケース	g線 (波長436nm)			
	透過率	光学定数		$ds = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-2	19.58	2.660	0.3262	1313
C-3	14.2	2.365	0.3689	1597
C-4	11.1	2.285	0.4029	1696
C-5	17.3	2.595	0.3495	1411
C-6	16.1	2.538	0.3669	1417
C-7	19.73	2.629	0.3220	1338
C-8	21.9	2.630	0.2936	1537
C-9	27.1	2.590	0.2343	1371
C-10	25.3	2.900	0.2514	1147
C-11	21.2	2.539	0.297	1416
C-12	20.8	2.617	0.3062	1348
C-13	23.4	2.676	0.2760	1301
C-16	14.4	2.786	0.4263	1221
C-17	12.5	2.732	0.4621	1258
C-18	9.94	2.053	0.3587	2070
C-19	1.93	2.607	0.925	1356
C-21	2.84	2.706	0.8715	1270
C-22	6.13	2.706	0.6562	1280
C-23	3.60	2.631	0.7820	1320
C-24	5.02	2.748	0.7250	1250
C-26	3.98	2.630	0.7475	1337
C-27	1.29	1.731	0.4952	2982
C-28	14.5	2.482	0.3834	1471
C-29	5.50	2.335	0.5641	1633
C-30	18.8	2.580	0.3304	1380

【0151】次に、図16および図17は、表7ないし表8に示された各ケースのデータをグラフに表したものであり、それぞれ横軸に光学定数のn値、左縦軸に、光学定数のk値、右縦軸に膜厚d、が表されている。

【0152】また、図16と図17中には、透過率Tを示すグラフを同時に記載している。まず、図16を参照して、露光光がi線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが、5%～40%の範囲にあるのは、ケースC-1～C-16、C-18、C-25、C-27、C-28、C-30であることがわかる。

【0153】次に、図17を参照して、露光光がg線の場合、位相シフトマスクとして要求される透過率Tが、5%～40%の範囲にあるのは、ケースC-2～C-13、C-16～C-18、C-22、C-24、C-28～C-30であることがわかる。

【0154】以上の結果、位相シフト膜として用いることのできるのは、上述のケースC-1～C-18、C-22、C-24、C-25、ケースC-27～C-30であることがわかる。

【0155】次に、上記各ケースを、混合ガスがAr+O<sub>2</sub>、Ar+O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>、Ar+NO、Ar+O<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub>のガス流量比の関係に基づいてグラフに表したものが、図18ないし図20である。

【0156】図18に示すグラフは、ケースC-1～C-18におけるアルゴン、酸素および窒素の割合をグラフにしたものである。

【0157】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺が窒素の流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントをプロットしたものである。

【0158】また、図16および図17の結果から、位相シフト膜として用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0159】図18のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、クロム酸化物の膜の場合は、

アルゴンが3.6%～9.7%

酸素が3%～6.4%

であることがわかる。

【0160】また、クロム酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが4.8%～9.0%

酸素が1%～3.9%

窒素が6%～1.4%

であることがわかる。

【0161】ここで、酸素の上限を3.9%としたのは、これ以上、特に酸素の占める割合を50%以上にすると、スパッタリング装置の電極に酸化物が堆積して、スパッタができなくなるためであり、装置側の制約から規定したものである。

【0162】次に、図19に示すグラフは、ケースC-19～C-26における、アルゴンおよびNOの割合をグラフにしたものである。図16および図17の結果から、位相シフトマスクとして用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0163】また、図20に示すグラフは、ケースC-27～ケースC-30における、アルゴン、酸素およびメタンの割合をグラフに示したものである。

【0164】三角形の底辺がアルゴンの流量比(%)、三角形の左側斜辺が酸素の流量比(%)、三角形の右側斜辺がメタンの流量比(%)を示し、各ケースの混合ガスのポイントをプロットしたものである。

【0165】また、図16と図17の結果から、位相シフト膜として用いることができるものは○印、位相シフト膜として用いられないものを×印で表している。

【0166】図19および図20のグラフからもわかるように、位相シフト膜として用いることができる場合の混合ガスの各成分が占める体積百分率は、クロム酸化窒化物の膜の場合は、

アルゴンが8.2%～8.7%

一酸化窒素が1.3%～1.8%

であることがわかる。

【0167】また、クロム酸化窒化炭化物の膜の場合は、

アルゴンが7.8%～8.8%

酸素が2%～1.3%

メタンが8%～1.0%

であることがわかる。

【0168】以上、この実施例に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が4～50%の透過率を有するクロム酸化物またはクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜のみから構成されている。

【0169】また、その製造工程においては、上述したクロム酸化物またはクロム酸化窒化物またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜をスパッタリング法を用いて、所定の膜厚に形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより、第2の光透過部を形成している。

【0170】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて、位相シフト膜としての膜を形成し、またエッチング工程も1回となるために、欠陥が発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率を低下することが可能となる。

【0171】なお、上記第2および第3の各実施例において第2の光透過部としてモリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイド酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、またはクロム酸化窒化炭化物からなる膜としているがこれに限られることなく、金属の酸化物、金属の窒化物、金属シリサイドの酸化物および金属シリサイドの酸化窒化物などを用いてもかまわない。

【0172】次に、この発明に基づいた第4の実施例について説明する。この実施例は、位相シフトマスクの製造工程において、位相シフト膜の上に電子ビームまたはレーザ光による露光時の帯電防止のための金属膜を形成するようにしたものである。

【0173】以下、図21～図25を参照して、位相シフト膜製造工程について説明する。図21～図25は、図1に示す位相シフトマスクの断面構造に対応する断面構造図である。

【0174】まず、図を参照して、石英基板1の上に、第2の実施例または第3の実施例と同様にモリブデンシリサイドの酸化膜、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、またはクロム酸化窒化炭化物からなる位相シフト膜4を形成する。

【0175】その後、この位相シフト膜4の上に、膜厚約100～500Å程度の帯電防止膜6を形成する。この帯電防止膜6の膜質としては、位相シフト膜の膜質が、Mo系の場合はモリブデン膜を形成する。また、位相シフト膜4の膜質がCr系の場合はクロム膜を形成する。

【0176】これは、上述した方法によって形成される、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサ

イドの酸化窒化物、クロム酸化物、クロム酸化窒化物、クロム酸化窒化炭化物からなる位相シフト膜4が導電性を有しないためである。

【0177】なお、クロム酸化物において、第3の実施例の中で述べたケースC-1～C-3により形成されるクロム酸化膜は導電性を有するため、この場合は、上記帯電防止膜を形成する必要はない。

【0178】その後、この帯電防止膜6の上に、電子線用レジスト膜を膜厚約5000Å形成する。

【0179】次に、図22を参照して、電子ビーム用レジスト膜5の所定の箇所に、電子ビームを露光して、現像することにより、所望のレジストパターンを有するレジスト膜5を形成する。

【0180】次に、図23を参照して、帯電防止膜6がMo系の場合は電子ビーム用レジスト膜5をマスクとして、帯電防止膜6および位相シフト膜4をCF<sub>4</sub>、+O<sub>2</sub>、ガスを用いて、ドライエッチングにより連続的にエッチングする。

【0181】次に、図24を参照して、O<sub>2</sub>、プラズマ等を用いて、レジスト膜5を除去する。その後、図25を参照して、エッチング液（硝酸第2セリウムアンモニウム／過塩素酸混合液）等を用いて、帯電防止膜6をエッチングし除去する。

【0182】これにより、位相シフトマスクが完成する。一方、再び図23を参照して、帯電防止膜6がCr系の場合は、電子ビーム用レジスト膜5をマスクとして、帯電防止膜6および位相シフト膜4を、CH<sub>3</sub>Cl、+O<sub>2</sub>、ガスまたはCl<sub>2</sub>、+O<sub>2</sub>、ガスまたはCl<sub>2</sub>、ガスをを用いて、ドライエッチングにより連続的にエッチングする。

【0183】次に、図24を参照して、O<sub>2</sub>、プラズマ等を用いて、レジスト膜5を除去する。その後、図25を参照して、硫酸などを用いて帯電防止膜6をエッチングし、除去する。

【0184】これにより、位相シフトマスクが完成する。なお、上記位相シフトマスクのエッチングにおいて、位相シフトマスクがMo系の場合は、モリブデン膜からなる帯電防止膜を形成し、位相シフトマスクがCr系の場合はクロム膜からなる帯電防止膜を形成することとしているが、これに限られることなく、位相シフトマスクがCr系に対し、帯電防止膜としてMo膜を用いてもかまわないし、また、Mo系の位相シフト膜に対して、Cr系の帯電防止膜を用いるようにしても同様の作用効果を得ることができる。

【0185】以上説明したように、位相シフトマスクの製造工程時に、モリブデン膜を設けることにより、電子線露光時の帯電防止を図ることが可能となり、また光学式位置検出器の光反射膜としての役目をも果たすことが可能となる。

【0186】なお、上記第4の実施例においては、帯電

防止膜としてモリブデン膜またはクロム膜を用いたが、同様の効果が得られる金属膜、たとえばW、Ta、Ti、Si、Alなどやそれらの合金からなる膜でもかまわない。

【0187】次に、上記第1の実施例～第3の実施例において形成された位相シフトマスクにおいて、図26に示すように、残り欠陥（黒欠陥）50やピンホール欠陥（白欠陥）51が生じた場合の欠陥検査方法および欠陥修正方法について説明する。

【0188】まず、製作した位相シフトマスクについて、光透過型欠陥検査装置（KLA社製 239HR型）を用いて、チップ比較方式の欠陥検査を行なう。

【0189】この欠陥検査装置は、水銀ランプを光源とする光で検査を行なう。検査の結果、パターンがエッチングされるべきところに位相シフト膜が残る残り欠陥と、位相シフト膜が残るべきところがピンホールや欠けの形状でなくなってしまうピンホール欠陥を検出する。

【0190】次に、これらの欠陥を修正する。残り欠陥については、従来のフォトマスクで用いられている、YAGレーザによるレーザブロー修正装置を用いて行なう。

【0191】また、他の方法として、FIBによるスパッタエッチのガス導入によるアシストエッチによっても除去することができる。

【0192】次に、ピンホール欠陥については、従来のフォトマスクに用いられている、FIBアシストデポジション方法によるカーボン系膜52のデポジションにより、ピンホール欠陥部分を埋め込む修正を行なう。

【0193】このようにして、修正された位相シフトマスクを洗浄した場合においても、カーボン系膜52が剥がれることなく、良好な位相シフトマスクを得ることができる。

【0194】次に、上述した位相シフトマスクを用いた露光方法について説明する。この位相シフトマスクを用いた場合、位相シフト膜の膜厚は、表2～表4、表6～表8の膜厚寸法（ds）に示されるように、約1500Å～2000Å程度の膜厚で形成されている。このため、従来の位相シフト膜の膜厚よりも約半分程度で形成されているために、図27に示すように、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても、180°の位相差を与えることが可能となる。

【0195】その結果、図28に示すように、たとえば0.4μmのコンタクトホールを開口しようとした場合、1.2μmの焦点ずれを許容することが可能となる。また、従来用いられているフォトマスクの場合、図29に示すように、同じ0.4μmのコンタクトホールを開口する場合は、0.6μmの焦点ずれしか許容することはできなかった。

【0196】さらに、コーヒーレンシが0.3～0.7好ましくは0.5～0.6の露光装置においては、図3

0に示すように、焦点深度を従来のフォトマスクに比べて大きく向上させることが可能となる。

【0197】なお、図28～図29は、5：1の縮小投影露光装置を用いた場合についての結果を示しているが、縮小倍率が4：1、2、5：1の縮小投影露光装置や1：1の投影露光装置を用いても同様の作用効果を得ることができる。また、投影露光装置に限らず、密着露光、プロキシミティ露光を用いても同様の効果を得ることができる。さらに上記露光方法は、g線、i線、KrFレーザ等のいずれを用いても同様の作用効果を得ることができる。

【0198】以上、この実施例における位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、露光不良の発生を防止することが可能となるために、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。この露光方法は、4M、16M、64M、256MのDRAM、SRAM、フラッシュメモリ、ASIC、マイコン、GaAsなどの半導体装置の製造工程において有効に用いることができ、さらには単体の半導体デバイスや、液晶ディスプレイの製造工程においても十分用いることが可能となる。

【0199】

【発明の効果】この発明に基づいた位相シフトマスクおよびその製造方法、位相シフト膜およびその製造方法、位相シフトマスク用ブランクスおよびその製造方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜のみから構成されている。

【0200】また、位相シフトの製造工程において、露光光を透過する基板の上に、スパッタリング法を用いて、所定の位相シフト膜を形成し、その後、所定のエッチングを行なうことにより第2の光透過部を形成している。

【0201】これにより、従来のスパッタリング装置を用いて、1回の工程で位相シフト膜を形成することが可能となり、またエッチング工程も1回となるために、欠陥の発生する確率および加工寸法の誤差の生じる確率が低下するために、高品質の位相シフトマスクを提供することが可能となる。

【0202】さらに、この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法によれば、第2の光透過部が単一材料の膜からなる位相シフトマスクを用いている。これにより、第2の光透過部の膜厚は1500Å～2000Å程度と薄く形成されているために、露光光に含まれる斜め成分の露光光に対しても180°の位相差を与えることが可能となる。したがって、位相シフトマスクの第2の光透過部を透過する露光光の位相差が均一となり、露光不良の発生を防止することが可能となる。その結果、半導体装置の製造工程における歩留りの向上を図ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの断面構造図である。

【図2】 この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた場合のマスク上の電場およびウェハ上の電場を示す模式図である。

【図3】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図4】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図5】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図6】 この発明に基づいた第1の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図7】 DCマグネトロンスパッタリング装置の構成を示す模式図である。

【図8】 KrFレーザにおけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図9】 i線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図10】 g線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図11】 第1の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした図である。

【図12】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第1製造工程を示す断面図である。

【図13】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第2製造工程を示す断面図である。

【図14】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第3製造工程を示す断面図である。

【図15】 この発明に基づいた第2の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第4製造工程を示す断面図である。

【図16】 i線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図17】 g線におけるn値とk値および膜厚の関係を示す図である。

【図18】 第2の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第1図である。

【図19】 第2の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第2図である。

【図 20】 第 2 の実施例における位相シフト膜形成時の混合ガスの流量比をケースごとにプロットした第 3 図である。

【図 21】 この発明に基づいた第 3 の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第 1 製造工程を示す断面図である。

【図 22】 この発明に基づいた第 3 の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第 2 製造工程を示す断面図である。

【図 23】 この発明に基づいた第 3 の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第 3 製造工程を示す断面図である。

【図 24】 この発明に基づいた第 3 の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第 4 製造工程を示す断面図である。

【図 25】 この発明に基づいた第 3 の実施例における位相シフトマスクの製造方法の第 5 製造工程を示す断面図である。

【図 26】 この発明に基づいた位相シフトマスクの欠陥修正方法を示す断面図である。

【図 27】 この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法の状態を示す模式図である。

【図 28】 この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法における焦点ずれとコンタクトホールサイズとの関係を示す図である。

【図 29】 従来技術におけるフォトマスクを用いた露光方法における焦点ずれとコンタクトホールサイズとの関係を示す図である。

【図 30】 この発明に基づいた位相シフトマスクを用いた露光方法と従来技術における位相シフトマスクを用いた露光方法とのコーヒーレンシと焦点深度との関係を

比較する図である。

【図 31】 従来技術のフォトマスクを用いた場合のマスク後の電場およびウェハ上の光強度を示す模式図である。

【図 32】 従来技術における位相シフトマスクを用いた場合のマスク後の電場およびウェハ上の光強度を示す模式図である。

【図 33】 従来技術における位相シフトマスクを用いた場合のマスク上の電場およびウェハ上の電場を示す模式図である。

【図 34】 露光光の透過率とレジスト膜の膜厚の関係を示す図である。

【図 35】 従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第 1 製造工程を示す断面図である。

【図 36】 従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第 2 製造工程を示す断面図である。

【図 37】 従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第 3 製造工程を示す断面図である。

【図 38】 従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第 4 製造工程を示す断面図である。

【図 39】 従来技術における位相シフトマスクの製造方法の第 5 製造工程を示す断面図である。

【図 40】 従来技術における位相シフトマスクの問題点示す断面図である。

【図 41】 従来技術における位相シフトマスクを用いた露光方法の問題点を示す図である。

【符号の説明】

1 石英基板、4 第 2 の光透過部、10 第 1 の光透過部、30 位相シフトパターン、200 位相シフトマスク。なお、図中、同一符号は同一または相当部分を示す。

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] Especially this invention relates to the structure and its manufacture approach of a phase shift mask of the attenuation mold which attenuates the light of exposure wavelength about a phase shift mask.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, there is that of a \*\*\*\* better potato in the high integration and detailed-izing in a semiconductor integrated circuit. In connection with it, detailed-ization of the circuit pattern formed on a semi-conductor substrate (a wafer is only called hereafter) is also progressing quickly.

[0003] Especially, a photolithography technique is just going to be recognized widely as a basic technique in pattern formation. Therefore, various development and amelioration have been made by today. However, detailed-ization of a pattern carries out the place at which it stops, and is becoming what also has the still stronger demand to \*\*\*\* and the improvement in resolution of a pattern.

[0004] Resolution limit  $R$  (nm) in the photolithography technique generally using the contraction exposure approach is  $R=k_1$  and  $\lambda/NA$ . -- (1)

It is expressed. Here, the wavelength (nm) of the light which  $\lambda$  uses, and  $NA$  are the numerical aperture of a lens, and  $k_1$ . It is a constant depending on a resist process.

[0005] It is  $k_1$  in order to aim at improvement in the resolution limit, as shown in an upper type. What is necessary is to make the value with  $\lambda$  small and just to enlarge the value of  $NA$ . That is, what is necessary is just to advance short-wavelength-izing and high  $NA$ -ization, while making the constant depending on a resist process small.

[0006] However, amelioration of the light source or a lens is technically difficult, and by advancing short-wavelength-izing and high  $NA$ -ization, the depth of focus  $\Delta$  of light ( $\lambda$  [  $\Delta=k_2$  and  $\lambda/2$  ]) becomes shallow, and it also produces the problem of causing the fall of resolution on the contrary.

[0007] Here, with reference to drawing 31 (a), (b), and (c), the mask cross section when using the conventional photo mask, the electric field on a mask, and the optical reinforcement on a wafer are explained.

[0008] First, the structure of a mask cross section is explained with reference to drawing 31 (a). On the glass substrate 1, the metal mask pattern 2 which consists of chromium etc. is formed.

[0009] Next, with reference to drawing 31 (b), the electric field on a mask turn into electric field which met the mask pattern. However, in the imprint of a detailed pattern, with reference to drawing 31 (c), the light which penetrated the mask in the \*\*\*\*\* pattern image will suit the optical reinforcement on a wafer in slight strength mutually in the part which light overlaps according to the diffraction phenomena and cross protection of light. Consequently, the difference of the optical reinforcement on a wafer became small, and there was a trouble that resolution fell.

[0010] As a photo mask which solves this, the phase shift exposing method with a phase shift mask is

proposed by JP,57-62052,A and JP,58-173744,A.

[0011] Here, with reference to drawing 32 (a), (b), and (c), the phase shift exposing method with the phase shift mask indicated by JP,58-173744,A is explained.

[0012] Drawing 32 (a) shows the cross section of a phase shift mask. Drawing 32 (b) shows the electric field on a mask. As for drawing 32 (c), the optical reinforcement on a wafer is shown.

[0013] First, with reference to drawing 32 (a), the phase shift mask is formed in opening of the chromium mask pattern 2 formed on the glass substrate 1 by forming the phase shifter 6 which consists of transparency insulator layers, such as silicon oxide, alternately.

[0014] Next, with reference to drawing 32 (b), that phase is reversed 180 degrees by turns, and the electric field on the mask by the light which penetrated this phase shift mask are constituted. Therefore, in a \*\*\*\*\* pattern image, the phase of the overlapping light reverses the light which penetrated the phase shift mask.

[0015] Therefore, according to the cross protection of light, in the part which light overlaps, it will deny mutually and will suit. Consequently, as shown in drawing 32 (c), the difference of the optical reinforcement on a wafer becomes possible [ aiming at improvement in a next door and resolution enough ].

[0016] However, to periodic patterns, such as Rhine - and - tooth space, although it was very effective, when a pattern was complicated, arrangement of a phase shifter etc. became very difficult, and the above-mentioned phase shift mask had the trouble that it could not set to the pattern of arbitration.

[0017] Then, in "JJAP Series5 Proc.of 1991 Intern.MicroProcess Conference pp.3-9" and "JP,4-136854,A", the phase shift mask of an attenuation mold is indicated as a phase shift mask which solves the above-mentioned trouble further. Hereafter, the phase shift mask of the attenuation mold indicated by JP,4-136854,A is explained.

[0018] It is drawing in which drawing 33 (a) shows the sectional view of the phase shift mask of the above-mentioned attenuation mold with reference to drawing 33 . Drawing 33 (b) is drawing showing the electric field on a mask. Drawing 33 (c) is drawing showing the optical reinforcement on a wafer.

[0019] Drawing 33 (a) is referred to. First, the structure of the phase shift mask 100 The quartz substrate 1 which penetrates exposure light, and the 1st light transmission section 10 which was formed on the main front face of this quartz substrate 1 and which exposes the above-mentioned main front face, It has the phase shift pattern 30 which has a predetermined exposure pattern containing the 2nd light transmission section 20 which changes 180 degrees of phases of the exposure light to penetrate to the phase of the exposure light which penetrates said 1st light transmission section 10.

[0020] Moreover, permeability [ as opposed to exposure light in the 2nd light transmission section 20 mentioned above ] has two-layer structure of 5 - 40% of chromium layer 2, and the shifter layer 3 from which phase contrast with the transmitted light becomes 180 degrees.

[0021] The electric field on the mask of the exposure light which passes the phase shift mask 100 which consists of the above-mentioned structure come to be shown in drawing 33 (b). Therefore, as shown in drawing 33 (c), a phase reverses the optical reinforcement on a wafer with the edge of an exposure pattern.

[0022] Therefore, as the optical reinforcement in the edge of an exposure pattern shows in drawing, it is surely set to 0, and the difference of the electric field of the light transmission section 10 of an exposure pattern and the phase-shifter section 20 becomes possible [ obtaining a next door and high resolution enough ].

[0023] In addition, the permeability to the exposure light of the 2nd light transmission section 20 mentioned above was made into 5 - 40% for permeability adjusting the thickness after the development of the resist film as [ show / in drawing 34 ], in order to consider as proper light exposure in lithography.

[0024] Next, the manufacture approach of the above-mentioned phase shift mask 100 is explained. Drawing 35 - drawing 39 are cross-section structural drawings showing the production process according to the cross section of the phase shift mask 100 shown in drawing 33 .

[0025] First, with reference to drawing 35 , the permeability to exposure light forms the chromium film

2 which is about 50-200Å of thickness 5 to 40% on a glass substrate 1. Then, SiO<sub>2</sub> which has that of about 3000-4000Å of thickness which 180 degrees of phases of the exposure light penetrated on this chromium film 2 change. The film 3 is formed. Then, this SiO<sub>2</sub> on the film 3, the resist film 5 for electron beams is formed.

[0026] Next, with reference to drawing 36, the resist film 5 which has a desired pattern is formed in the predetermined part of the resist film 5 for electron beams by exposing and developing an electron beam.

[0027] Next, with reference to drawing 37, it is CHF<sub>3</sub>, using the resist film 5 as a mask. The gas of a system is used and it is SiO<sub>2</sub>. The film is etched. Then, drawing 38 is referred to and they are the resist film 5 and SiO<sub>2</sub> again. The chromium film 2 is etched by wet etching by using the film 3 as a mask.

[0028] Next, with reference to drawing 39, the phase shift mask 100 is completed by removing the resist film 5.

[0029]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, it is SiO<sub>2</sub> which controls the chromium film 2 with which the configuration of the 2nd light transmission section 20 controls permeability in the above-mentioned conventional technique, and phase contrast. It has two-layer structure with the film 3. For this reason, the equipment for forming the chromium film and its process, and the equipment for forming SiO<sub>2</sub> film and its process are needed.

[0030] Moreover, the chromium film and SiO<sub>2</sub>. Since it must etch using a respectively separate etching agent at the time of membranous etching, therefore a process serves as many processes, it has the trouble that the probability for a defect to occur, and a probability including the processing error of a pattern dimension become high.

[0031] Moreover, when the remaining defect (black defect) 50 and the pinhole defect (white defect) 51 arise to the pattern of a phase shift mask with reference to drawing 40, in order to correct these defects, it is the chromium film and SiO<sub>2</sub>. The correction approach which can be adapted for each film with the film is needed. Therefore, there was also a trouble that the conventional correction approach could not be used.

[0032] Furthermore, according to the exposure approach using the phase shift mask 100 mentioned above with reference to drawing 40, the thickness of the 2nd light transmission section 20 of the phase shift mask 100 becomes 3050Å - about 4200Å and a comparatively thick thing. Therefore, even if the exposure light which has the component which inclined as shown in drawing among the exposure light from the exposure light source penetrated the 2nd light transmission section 20 of the phase shift mask 100, 180 degrees of phase contrast were not changed certainly, but it had the trouble that the exposure light which has the component from which phase contrast differed will arise.

[0033] This invention was made in order to solve the above-mentioned trouble, it aims at reduction of the process at the time of manufacture of a phase shift mask, and aims at offering the phase shift mask and its manufacture approach of high quality.

[0034] Furthermore, this invention aims at offering the exposure approach using the phase shift mask which made it possible to aim at an improvement of the poor exposure in the production process of a semiconductor device, and to aim at improvement in the yield in the exposure approach which used the phase shift mask.

[0035]

[Means for Solving the Problem] In one aspect of affairs of a phase shift mask based on this invention, it has the substrate which penetrates exposure light, and the phase shift pattern formed on the main front face of this substrate. Moreover, 180 degrees is changed to the phase of the exposure light in which the 1st light transmission section to which the above-mentioned substrate exposes the above-mentioned phase shift pattern, and the phase and permeability of the exposure light to penetrate the light transmission section of the above 1st, and permeability is 5 - 40% and it has the 2nd light transmission section which consists of a single ingredient.

[0036] The light transmission section of the above 2nd consists of one kind of ingredients chosen from the group which consists of a metal oxide, a metal oxidation nitride, an oxide of metal silicide, and



an oxidation nitride of metal silicide still more preferably.

[0037] The light transmission section of the above 2nd consists of one kind of ingredients chosen from the group which consists of the oxide of chromium, the oxidation nitride of chromium, the oxidation nitriding carbide of chromium, oxide of molybdenum silicide, and an oxidation nitride of molybdenum silicide still more preferably.

[0038] Still more preferably, the permeability of the light transmission section of the above 2nd is controlled by the oxygen or nitrogen contained in the light transmission section of the above 2nd, and phase contrast is controlled by thickness.

[0039] Next, in the manufacture approach of a phase shift mask based on this invention, it has the following processes.

[0040] First, the phase-shifter film of the predetermined thickness which changes 180 degrees of phases of the exposure light to penetrate, and has 5 - 40% of permeability is formed on the substrate which penetrates exposure light using the sputtering method. Then, the resist film which has a predetermined pattern is formed on this phase-shifter film.

[0041] Next, by using this resist film as a mask, etching of the above-mentioned phase-shifter film is performed by the dry etching method, and the 2nd light transmission section which consists of the 1st light transmission section and said phase-shifter film which the above-mentioned substrate comes to expose is formed.

[0042] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of a molybdenum silicide oxide is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon and oxygen using the target of molybdenum silicide.

[0043] Still more preferably, argon gas is 65 - 92% of range, and the remainder of the volume percentage which each component of the above-mentioned mixed gas occupies is oxygen gas.

[0044] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of a molybdenum silicide oxidation nitride is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of argon gas, oxygen gas, and nitrogen gas using the target of molybdenum silicide.

[0045] For argon gas, oxygen gas is [ the nitrogen gas of the range of the volume percentage which occupies each component of the above-mentioned mixed gas ] 3 - 20% 8 to 24% 65 to 79% still more preferably.

[0046] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of a chromic-acid ghost is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon and oxygen using the target of chromium.

[0047] Still more preferably, argon gas is 36 - 97% of range, and the remainder of the range of volume percentage which each component of the above-mentioned mixed gas occupies is oxygen gas.

[0048] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of the oxidation nitride of chromium is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon, oxygen, and nitrogen using the target of chromium.

[0049] For argon gas, oxygen is [ the nitrogen of the range of volume percentage which each component of the above-mentioned mixed gas occupies ] 6 - 14% 1 to 39% 48 to 90% still more preferably.

[0050] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of a chromic-acid-ized nitride is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon and a nitrogen monoxide using the target of chromium.

[0051] Still more preferably, argon gas is 82 - 87% of range, and the remainder of the range of volume percentage which each component of the above-mentioned mixed gas occupies is a nitrogen monoxide.

[0052] The process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes still more preferably the process in which the film of chromic-acid-ized nitriding carbide is formed in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon, oxygen, and methane using the target of chromium.

[0053] For argon gas, oxygen is [ the range of volume percentage which each component of the above-mentioned mixed gas occupies / methane ] 8 - 10% 2% to 13% 78 to 88% still more preferably.

[0054] The process in which the antistatic film is formed is included in the process which forms the

above-mentioned phase shift mask still more preferably.

[0055] The molybdenum film is formed by the sputtering method still more preferably between the process in which the process which forms the above-mentioned antistatic film forms the above-mentioned phase-shifter film, and the process which forms the above-mentioned resist film.

[0056] The chromium film is formed by the sputtering method still more preferably between the process in which the process which forms the above-mentioned antistatic film forms the above-mentioned phase-shifter film, and the process which forms the above-mentioned resist film.

[0057] The process which etches the above-mentioned phase-shifter film is performed by the dry etching method still more preferably using mixed gas with carbon fluoride and oxygen.

[0058] The process which etches the above-mentioned phase-shifter film is performed by the dry etching method still more preferably using one kind of gas chosen from the group which consists of the mixed gas of a methylene chloride and oxygen, mixed gas of chlorine and oxygen, and chlorine gas.

[0059] Still more preferably, the process which forms the above-mentioned phase-shifter film includes the process which performs heat-treatment of 200 degrees C or more, after forming the phase-shifter film using the sputtering method.

[0060] Next, in the exposure approach using the phase shift mask based on this invention, it has the following processes.

[0061] First, the resist film is applied on a pattern formation layer. Then, the 1st light transmission section to which the above-mentioned substrate formed on the substrate which penetrates exposure light exposes the above-mentioned resist film. The phase and permeability of the exposure light to penetrate change 180 degrees to the phase of the exposure light which penetrates the light transmission section of the above 1st. And it has the process exposed using the phase shift mask which permeability is 5 - 40% and was equipped with the phase shift pattern which has the 2nd light transmission section which consists of a single ingredient.

[0062]

[Function] As mentioned above, according to the phase shift mask based on this invention, and its manufacture approach, the 2nd light transmission section consists of only film of a single ingredient.

[0063] Moreover, in the production process of a phase shifter, formation of the 2nd light transmission section is performed by using the sputtering method, forming the film of a predetermined single ingredient on the substrate which penetrates exposure light, and performing predetermined etching after that.

[0064] This becomes it is possible to form the phase-shifter section using the conventional sputtering system, and possible to etch the phase-shifter section by using a single etching agent also in an etching process.

[0065] Consequently, compared with the former, it becomes possible for the formation process of the phase-shifter film and the etching process of the phase-shifter film to reduce the probability for the probability to be managed at once, respectively and for a defect to occur, and the processing error of a pattern dimension to arise of the production process, and it becomes possible [ offering the phase shift mask of high quality ].

[0066] Moreover, since the 2nd light transmission section is the film of a single ingredient, correction of a defective part can also use the conventional approach and can be performed easily.

[0067] Next, according to the exposure approach using the phase shift mask based on this invention, the 1st light transmission section uses the phase shift mask which consists of film of a single ingredient. Thereby, the thickness of the 2nd light transmission section can be thinly formed with 1500A - about 2000A, and it becomes possible to give 180-degree phase contrast also to the exposure light of the slanting component contained in exposure light. Therefore, the phase contrast of the exposure light after penetrating the 2nd light transmission section of a phase shift mask becomes uniform, and it becomes possible to prevent generating of poor exposure. Consequently, it becomes possible to aim at improvement in the yield in the production process of a semiconductor device.

[0068]

[Example] Hereafter, the 1st example based on this invention is explained.

[0069] First, with reference to drawing 1, the structure of the phase shift mask in this example is explained. This phase shift mask 200 is equipped with the quartz substrate 1 which penetrates exposure light, and the phase shift pattern 30 formed on the main front face of this quartz substrate 1. 180 degrees of this phase shift pattern 30 are changed to the phase of the exposure light in which the 1st light transmission section 10 which said quartz substrate 1 exposes, and the phase and permeability of the exposure light to penetrate the light transmission section 10 of the above 1st, and permeability is 5 - 40% and it consists of the 2nd light transmission section 4 which consists of a single ingredient.

[0070] Next, with reference to drawing 2 (a), (b), and (c), the electric field on the mask of the exposure light which passes the phase shift mask 200 which consists of the above-mentioned structure, and the optical reinforcement on a wafer are explained.

[0071] It is the sectional view of the phase shift mask 200 mentioned above with reference to drawing 2 (a). Since the phase has reversed the electric field on a mask with the edge of an exposure pattern with reference to drawing 2 (b), the electric field in the edge section of an exposure pattern are surely set to 0. Therefore, drawing 2 (c) is referred to and it becomes possible for the difference of the electric field on the wafer of the light transmission section 10 of an exposure pattern and the phase-shifter section 4 to become enough, and to obtain high resolution.

[0072] Here, transmission of the 2nd light transmission section 4 was made into 5 - 40% for adjusting the thickness after the development of the resist film and considering as proper light exposure in lithography like the conventional technique, with transmission.

[0073] Next, the case where a molybdenum silicide oxide film or a molybdenum silicide oxidation nitride is used as phase-shifter film about the manufacture approach of the above-mentioned phase shift mask 200 as the 2nd example is explained.

[0074] Drawing 3 - drawing 6 are cross-section structural drawings showing the production process according to the cross section of the phase shift mask 200 shown in drawing 1.

[0075] First, with reference to drawing 3, on the quartz substrate 1, the sputtering method is used and the phase-shifter film 4 which consists of a molybdenum silicide oxide film or a molybdenum silicide oxidation nitride is formed.

[0076] Then, in order to stabilize the transmission of this phase-shifter film 4, clean oven etc. is used and heat-treatment of 200 degrees C or more is performed.

[0077] Thereby, fluctuation (0.5 - 1.0%) of the permeability by heat-treatment (about 180 degrees C) of the resist spreading process of membrane formation of the phase-shifter film etc. can be prevented conventionally.

[0078] Next, the resist film 5 (Nippon Zeon ZEP- 810 S (trademark)) for electron beams etc. is formed about 5000A of thickness on this phase-shifter film 4. Then, a molybdenum silicide oxide film or a molybdenum silicide oxidation nitride forms about 100A of antistatic film 6 (Showa Denko S PESA 100 (trademark)) etc., in order to prevent electrification at the time of exposure by the electron beam, since it does not have conductivity.

[0079] Next, with reference to drawing 4, an electron beam is exposed on the resist film 5 for electron beams, and the antistatic film 6 is removed by rinsing on it. Then, the resist film 5 which has a predetermined resist pattern is formed by developing the resist film 5.

[0080] Next, with reference to drawing 5, the phase-shifter film 4 is etched by using the above-mentioned resist film 5 as a mask. RF ion etching equipment of an parallel monotonous mold is used for the etching system at this time, and it is the distance between electrode substrates 60mm, working-pressure 0.3Torr, and reactant gas CF<sub>4</sub>+O<sub>2</sub> It uses, and 95sccm(s) and 5sccm(s) perform each flow rate, and it etches by etching time about 11 minutes.

[0081] Next, the resist film 5 is removed with reference to drawing 6. By the above, the phase shift mask in this example is completed.

[0082] Next, formation of the phase-shifter film using the sputtering method mentioned above is explained in full detail below. It is required that it is within the limits whose permeability to exposure light is 5 - 40% first as conditions required of the phase-shifter film, and that 180 degrees of phases of exposure light should be transformed.

[0083] Therefore, as mentioned above in this example as film which fulfills these conditions, the film which consists of molybdenum silicide oxide and a molybdenum silicide oxidation nitride was used.

[0084] First, with reference to drawing 7, the sputtering system for forming the above-mentioned film is explained.

[0085] The sputtering system shown in drawing 7 is the schematic diagram showing the configuration of the DC magnetron sputtering system 500.

[0086] The magnetron cathode 509 with which this DC magnetron sputtering system 500 becomes the interior of the vacuum tub 506 from a target 507 and a magnet 508 is formed.

[0087] Moreover, a predetermined distance is separated at a target 507, it is countered, an anode 510 is arranged, and the quartz substrate 1 of 2.3mm thickness and 127mm angle is arranged on the opposed face of the target 507 of this anode 510.

[0088] Furthermore, an exhaust pipe 512 and the gas installation tubing 513 are formed in the position of the vacuum tub 506. The temperature of the above-mentioned quartz substrate 1 at the time of membrane formation is held at 60 degrees C - 150 degrees C by the heater and temperature controller which are not illustrated at the time of membranous formation, using molybdenum silicide as a target.

[0089] In such a condition, the mixed gas of the argon as sputtering gas, and the oxygen as reactant gas and nitrogen is introduced at a predetermined rate from the gas installation tubing 513, the pressure in the vacuum layer 506 is held to a predetermined value, and direct current voltage is applied between two electrodes.

[0090] In this example, the phase-shifter film which consists of molybdenum silicide oxide of various cases and a molybdenum silicide oxidation nitride was formed in membrane formation of this phase-shifter film.

[0091] Table 1 shows the pressure, the rate of sedimentation, and membranous quality in the vacuum layer 506 in each case at the time of setting up various flow rate of mixed gas under the above-mentioned spatter conditions, a case M-1 to M-7 and M-14 to M-15 are the phase-shifter film of a molybdenum silicide oxidation nitride, and a case M-8 to M-13 and M-16 to M-17 are the phase-shifter film of a molybdenum silicide oxide.

[0092] Moreover, Table 2 - 4 is the thickness dS for transforming 180 degrees of the permeability, the n value of an optical constant (n-i-k) and k value, and the phases in each case over the KrF laser ( $\lambda = 248\text{nm}$ ), i line ( $\lambda = 365\text{nm}$ ), and g line ( $\lambda = 436\text{nm}$ ) which are used as an exposure light. It is the shown graph.

[0093] It sets all over above-mentioned Table 2 - 4, and is Thickness dS.  $dS = \frac{\lambda}{2(n-1)}$  [ from the wavelength  $\lambda$  of exposure light, and the n value of an optical constant ] -- (2)

It can do [ asking by \*\*\*\*\*, or ].

[0094]

[Table 1]

ケース	ガス流量比			圧力	堆積速度	膜質
	%			$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Torr	Å/min	
M-1	72.6	23.8	3.6	2.0	709	MoSi の 酸化窒化膜
M-2	77.1	18.3	4.6	2.0	645	
M-3	72.1	8.6	19.3	2.0	600	
M-4	68.6	7.9	23.5	2.1	525	
M-5	61.4	7.0	31.6	2.1	486	
M-6	57.4	13.1	29.5	2.2	522	
M-7	65.4	17.8	16.8	2.0	578	
M-8	79.5	20.5	0	2.0	635	MoSi の 酸化膜
M-9	73.3	26.7	0	2.0	600	
M-10	78.8	21.2	0	2.6	225	
M-11	81.1	18.9	0	2.6	632	
M-12	82.3	17.7	0	2.6	650	
M-13	83.5	16.5	0	2.6	754	
M-14	73.4	14.9	11.7	3.0	702	MoSi の 酸化窒化膜
M-15	79.0	16.8	4.2	2.8	750	
M-16	76.0	24.0	0	2.6	830	MoSi の 酸化膜
M-17	92.0	8.0	0	5.5	487	

[0095]  
[Table 2]

ケース	KrFレーザー(波長248nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	5.22	1.195	0.409	1355
M-2	3.59	1.860	0.437	1442
M-3	2.92	1.986	0.530	1258
M-4	0.69	2.14	0.868	1088
M-5	0.74	2.09	0.821	1137
M-6	1.8	1.922	0.569	1345
M-7	2.6	1.963	0.538	1288
M-8	7.0	1.79	0.318	1570
M-9	4.6	1.68	0.322	1824
M-10	10.2	1.730	0.251	1700
M-11	5.0	1.76	0.350	1630
M-12	6.13	1.91	0.384	1360
M-13	5.51	1.90	0.394	1380
M-14	3.52	2.054	0.5325	1176
M-15	3.03	2.111	0.5855	1116
M-16	4.39	1.804	0.3844	1541
M-17	6.88	1.842	0.3409	1472

[0096]  
[Table 3]

ケース	i線(波長365nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	11.6	1.874	0.280	2088
M-2	11.5	1.950	0.304	1921
M-3	8.82	2.11	0.397	1644
M-4	2.9	2.318	0.697	1382
M-5	4.15	2.344	0.626	1362
M-6	3.5	2.01	0.511	1807
M-7	4.53	1.88	0.414	2074
M-8	44.5	2.11	0.118	1644
M-9	78.6	1.85	0.0169	2147
M-10	73.8	1.77	0.020	2370
M-11	18.7	1.91	0.222	2005
M-12	12.2	1.81	0.254	2250
M-13	17.9	1.98	0.245	1860
M-14	8.55	2.068	0.389	1709
M-15	8.71	2.189	0.420	1535
M-16	9.39	1.707	0.2536	2581
M-17	16.5	1.833	0.2207	2192

[0097]

[Table 4]

ケース	g線(波長436nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
M-1	12.0	1.786	0.249	2774
M-2	16.4	2.006	0.265	2167
M-3	11.7	2.148	0.358	1900
M-4	3.9	2.346	0.644	1620
M-5	3.4	2.121	0.572	1945
M-6	4.4	1.860	0.410	2535
M-7	8.8	2.018	0.367	2141
M-8	46.3	2.197	0.114	1821
M-9	83.0	1.795	0.0069	2742
M-10	78.0	1.733	0.0123	2974
M-11	22.2	1.901	0.195	2420
M-12	21.1	1.982	0.220	2220
M-13	13.3	1.702	0.213	3105
M-14	13.0	2.124	0.3325	1940
M-15	11.9	2.185	0.3653	1840
M-16	17.9	1.886	0.222	2460
M-17	18.2	1.775	0.1934	2812

[0098] Next, drawing 8 thru/or drawing 10 express with a graph the data of each case shown in Table 2 thru/or 4, and is [ axis of abscissa ] Thickness  $d_s$  to  $k$  value of an optical constant, and a right axis of ordinate in the  $n$  value of an optical constant, and a left axis of ordinate, respectively. It is expressed.

[0099] Moreover, in drawing 8 - drawing 10, the graph which shows permeability  $T$  is indicated at coincidence. First, it turns out that it is M-1, M-8, M-10 to M-13, and M-17 that the permeability  $T$  demanded as phase-shifter film is in 5% - 40% of within the limits with reference to drawing 8 when exposure light is  $krF$  laser.

[0100] Next, it turns out that it is M-1 to M-3, M-8, and M-11 to M-17 that the permeability  $T$  demanded as a phase shift mask is in 5% - 40% of within the limits with reference to drawing 9 when exposure light is  $i$  line.

[0101] Next, it turns out that it is M-1 to M-3, M-7, and M-11 to M-17 that the permeability  $T$  demanded as phase-shifter film is in 5% - 40% of within the limits with reference to drawing 10 when exposure light is  $g$  line.

[0102] Above shows that M-1 to M-3, M-7, M-8, and M-11 to M-17 can use as phase-shifter film.

[0103] Next, it is drawing 11 which made each above-mentioned case the graph based on the relation of a quantity-of-gas-flow ratio.

[0104] The graph shown in drawing 11 makes a graph the rate of the argon in a case M-1 - a case M-17,



oxygen, and nitrogen.

[0105] (%) and flow rate of oxygen, and a triangular right-hand side oblique side show [ (%) and flow rate of an argon and a triangular left-hand side oblique side ] the flow rate (%) of nitrogen, and a triangular base plots the point of the mixed gas of each case. Moreover, that it can use as phase-shifter film expresses with x mark what cannot be used as O mark and phase-shifter film from the above-mentioned result of drawing 8 - drawing 10 .

[0106] As the graph of this drawing 11 also shows, as for the volume percentage which each component of the mixed gas in the case of the ability to use as phase-shifter film occupies, in the case of the film of a molybdenum silicide oxide, it turns out that an argon is [ 76% - 92% oxygen ] 18% - 24%.

[0107] Moreover, in the case of the film of a molybdenum silicide oxidation nitride, it turns out that 65% - 79% oxygen is [ 8% - 24% nitrogen ] 3% - 20% for an argon.

[0108] If the rate that oxygen occupies is made 50% or more more than this, an oxide deposits having especially made the upper limit of oxygen into 35% here on the electrode of a sputtering system, and it will be because a spatter becomes impossible and will specify from the constraint by the side of equipment.

[0109] As mentioned above, according to the phase shift mask based on this example, and its manufacture approach, the 2nd light transmission section consists of only film which consists of the molybdenum silicide oxide or the molybdenum silicide oxidation nitride which has 4 - 50% of transmission.

[0110] Moreover, in the production process, the 2nd light transmission section is formed by forming in predetermined thickness the film which consists of the molybdenum silicide oxide or the molybdenum silicide oxidation nitride mentioned above using the sputtering method, and performing predetermined etching after that.

[0111] Consequently, since the film as phase-shifter film is formed and an etching process also becomes 1 time using the conventional sputtering system, it becomes possible to fall the probability for the error of the probability for a defect to occur, and a processing dimension to arise.

[0112] Next, the case where the chromic-acid-ized film, a chromic-acid-ized nitride, or the chromic-acid-ized nitriding carbonization film is used as phase-shifter film about the manufacture approach of the above-mentioned phase shift mask 200 is explained as the 3rd example.

[0113] Drawing 12 - drawing 15 are cross-section structural drawings showing the production process according to the cross section of the phase shift mask 200 shown in drawing 1 .

[0114] First, with reference to drawing 12 , on the quartz substrate 1, the sputtering method is used and the phase-shifter film 4 which consists of the chromic-acid-ized film, a chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide is formed.

[0115] Next, in order to stabilize the transmission of this phase-shifter film 4, clean oven etc. is used and heat-treatment of about 200 degrees C or more is performed.

[0116] Thereby, fluctuation (0.5 - 1.0%) of the permeability by the heat-treatment (about 180 degrees C) in the resist spreading process after membrane formation of the phase-shifter film can be prevented conventionally.

[0117] Next, the resist film 5 is formed about 5000A of thickness on this phase-shifter film 4.

[0118] Next, the resist film 5 which has a predetermined resist pattern is formed by exposing i line on the resist film 5, and developing the resist film 5 on it with reference to drawing 13 .

[0119] Next, with reference to drawing 14 , the phase-shifter film 4 is etched by using the above-mentioned resist film 5 as a mask. RF ion etching equipment of an parallel monotonous mold is used for the etching system at this time, and it is the distance between electrode substrates 100mm, working-pressure 0.3Torr, and reactant gas CH<sub>2</sub> Cl<sub>2</sub>+O<sub>2</sub> It uses, and 25sccm(s) and 75sccm(s) perform each flow rate, and it etches by etching time about 4 minutes. By the above, the phase shift mask in this example is completed.

[0120] Next, formation of the phase shift mask using the sputtering method mentioned above is explained in full detail below. As conditions required of the phase-shifter film, as mentioned above, it is required that it is within the limits whose permeability to exposure light is 5 - 40% first, and that 180

degrees of phases of exposure light should be transformed.

[0121] Therefore, as film which fulfills these conditions, as mentioned above in this example, the film which consists of a chromic-acid ghost and a chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide was used.

[0122] In addition, about the structure of the sputtering system for forming the phase-shifter film mentioned above, since it is the same as that of the sputtering system shown in drawing 7, explanation here is omitted.

[0123] In this example, the phase shift mask which consists of the oxide film of the chromium of various cases, a chromic-acid-ized nitride, and chromic-acid-ized nitriding carbide was formed in membrane formation of this phase-shifter film.

[0124] The pressure in the vacuum layer 506 in each case when Table 5 sets up various flow rate of mixed gas under the above-mentioned spatter conditions, The rate of sedimentation and membraneous quality are shown, a case C-1 to C-13 is the phase-shifter film of a chromic-acid ghost, and a case C-27 to C-30 is [ a case C-14 to C-26 is the phase-shifter film of a chromic-acid-ized nitride, and ] the phase-shifter film of chromic-acid-ized nitriding carbide.

[0125] Moreover, Table 6 - 8 is the thickness dS for transforming 180 degrees of the permeability, the n value of an optical constant (n-i-k) and k value, and the phases in each case over the KrF laser ( $\lambda = 248\text{nm}$ ), i line ( $\lambda = 365\text{nm}$ ), and g line ( $\lambda = 436\text{nm}$ ) which are used as an exposure light. It is the shown graph.

[0126] It sets all over above-mentioned Table 6 - 8, and is Thickness dS.  $dS$  [ from the wavelength  $\lambda$  of exposure light, and the n value of an optical constant ]  $= \lambda / 2(n-1) \dots (2)$

It can ask by \*\*\*\*\*.

[0127]

[Table 5]

ケース	ガス流量比					圧力	堆積速度	膜質
	%					$\times 10^{-3}$		
	Ar	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	NO	CH <sub>4</sub>	Torr	Å/min	
C-1	71.4	28.6	0	0	0	3.0	259	Crの酸化膜
C-2	92.3	7.7	0	0	0	3.9	850	
C-3	90.0	10.0	0	0	0	3.0	900	
C-4	85.0	15.0	0	0	0	2.0	941	
C-5	85.5	14.5	0	0	0	6.1	796	
C-6	89.3	10.7	0	0	0	8.0	828	
C-7	92.7	7.3	0	0	0	4.0	758	
C-8	96.6	3.4	0	0	0	4.0	448	
C-9	94.8	5.2	0	0	0	8.1	733	
C-10	93.1	6.9	0	0	0	6.1	791	
C-11	90.2	9.81	0	0	0	4.0	824	
C-12	90.1	9.93	0	0	0	4.1	787	
C-13	95.1	4.92	0	0	0	8.2	659	
C-14	54.1	32.4	13.5	0	0	1.5	110	Crの酸化窒化膜
C-15	48.8	39.0	12.2	0	0	1.5	108	
C-16	87.2	6.4	6.4	0	0	4.1	592	
C-17	82.9	4.9	12.2	0	0	4.2	523	
C-18	90.0	1.3	8.7	0	0	4.1	756	
C-19	76.0	0	0	24.0	0	2.0	600	
C-20	83.0	0	0	17.0	0	3.2	620	
C-21	75.5	0	0	24.5	0	2.3	570	
C-22	86.0	0	0	14.0	0	4.2	550	
C-23	86.5	0	0	13.5	0	4.1	580	
C-24	82.4	0	0	17.6	0	3.2	520	
C-25	86.2	0	0	13.8	0	4.2	129	
C-26	87.1	0	0	12.9	0	4.1	675	
C-27	85.2	5.3	0	0	9.5	4.0	471	Crの酸化窒化炭化膜
C-28	82.9	7.9	0	0	9.2	3.0	513	
C-29	78.3	13.0	0	0	8.7	2.0	642	
C-30	87.9	2.3	0	0	9.8	8.1	399	

[0128]

[Table 6]

ケース	KrFレーザー(波長248nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{2480}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	8.9	2.782	0.5696	696
C-13	3.50	2.538	0.7448	806.2
C-25	3.80	7.565	0.7347	792

[0129]

[Table 7]

ケース	i線(波長365nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{3650}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-1	31.7	2.23	0.187	1484
C-2	8.95	2.529	0.5108	1194
C-3	6.08	2.355	0.5495	1347
C-4	6.52	2.481	0.5749	1212
C-5	5.81	2.258	0.5252	1451
C-6	5.64	2.272	0.5364	1435
C-7	6.18	2.275	0.5186	1432
C-8	6.22	2.225	0.5000	1490
C-9	12.9	2.513	0.4171	1238
C-10	8.52	2.296	1.4603	1408
C-11	6.63	2.238	0.4922	1474
C-12	7.23	2.299	0.8949	1405
C-13	11.3	2.579	0.4634	1159
C-14	9.79	2.44	0.468	1267
C-15	10.0	2.50	0.476	1217
C-16	5.35	2.527	0.6365	1195
C-17	4.65	2.494	0.6588	1222
C-18	8.78	2.632	0.5399	1118
C-19	0.199	2.142	1.098	1598
C-20	0.543	2.283	1.089	1250
C-21	1.42	2.316	0.8407	1387
C-22	1.60	2.346	0.8336	1100
C-23	0.102	2.290	1.3672	1415
C-24	1.38	2.413	0.9021	1100
C-25	12.1	2.471	0.4257	1241
C-26	1.80	2.505	0.8904	1213
C-27	6.18	2.530	0.6010	1196
C-28	5.06	2.283	0.5625	1422
C-29	3.47	2.440	0.7066	1267
C-30	8.65	2.413	0.4894	1291

[0130]  
[Table 8]

ケース	g線(波長436nm)			
	透過率	光学定数		$d_s = \frac{4360}{2(n-1)}$
	%	n	k	Å
C-2	19.58	2.660	0.3262	1313
C-3	14.2	2.365	0.3689	1597
C-4	11.1	2.285	0.4029	1696
C-5	17.3	2.595	0.3495	1411
C-6	16.1	2.538	0.3669	1417
C-7	19.73	2.629	0.3220	1338
C-8	21.9	2.630	0.2936	1537
C-9	27.1	2.590	0.2343	1371
C-10	25.3	2.900	0.2514	1147
C-11	21.2	2.539	0.297	1416
C-12	20.8	2.617	0.3062	1348
C-13	23.4	2.676	0.2760	1301
C-16	14.4	2.786	0.4263	1221
C-17	12.5	2.732	0.4621	1258
C-18	9.94	2.053	0.3587	2070
C-19	1.93	2.607	0.925	1356
C-21	2.84	2.706	0.8715	1270
C-22	6.13	2.706	0.6562	1280
C-23	3.60	2.631	0.7820	1320
C-24	5.02	2.748	0.7250	1250
C-26	3.98	2.630	0.7475	1337
C-27	1.29	1.731	0.4952	2982
C-28	14.5	2.482	0.3834	1471
C-29	5.50	2.335	0.5641	1633
C-30	18.8	2.580	0.3304	1380

[0131] Next, drawing 16 and drawing 17 express with a graph the data of each case shown in Table 7 thru/or 8, and are [ axis of abscissa ] Thickness  $d_s$  to k value of an optical constant, and a right axis of ordinate in the n value of an optical constant, and a left axis of ordinate, respectively. It is expressed.

[0132] Moreover, in drawing 16 and drawing 17, the graph which shows permeability T is indicated at coincidence. First, it turns out that it is C-1 to C-16, C-18, C-25, C-27, C-28, and C-30 that the permeability T demanded as a phase shift mask is in 5% - 40% of within the limits with reference to drawing 16 when exposure light is i line.

[0133] Next, it turns out that it is a case C-2 to C-13, C-16 to C-18, C-22, C-24, and C-28 to C-30 that the permeability T demanded as a phase shift mask is in 5% - 40% of within the limits with reference to drawing 17 when exposure light is g line.

[0134] Above shows that it is the above-mentioned case C-1 to C-18, C-22, C-24, C-25, and the case C-27 to C-30 that can be used as phase-shifter film.

[0135] Next, mixed gas is Ar+O<sub>2</sub>, Ar+O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>, Ar+NO, and Ar+O<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> about each above-mentioned case. It is drawing 18 thru/or drawing 20 which was expressed with the graph based on the relation of a quantity-of-gas-flow ratio.

[0136] The graph shown in drawing 18 makes a graph the rate of the argon in the case case C-1 to C-18, oxygen, and nitrogen.

[0137] (%) and flow rate of oxygen, and a triangular right-hand side oblique side show [ (%) and flow rate of an argon and a triangular left-hand side oblique side ] the flow rate (%) of nitrogen, and a triangular base plots the point of the mixed gas of each case.

[0138] Moreover, what can be used as phase-shifter film expresses with x mark what is not used as O mark and phase-shifter film from the result of drawing 16 and drawing 17.

[0139] As the graph of drawing 18 also shows, as for the volume percentage which each component of

the mixed gas in the case of the ability to use as phase-shifter film occupies, in the case of the film of a chromic-acid ghost, it turns out that an argon is [ 36% - 97% oxygen ] 3% - 64%.

[0140] Moreover, in the case of the film of a chromic-acid-ized nitride, it turns out that 48% - 90% oxygen is [ 1% - 39% nitrogen ] 6% - 14% for an argon.

[0141] Here, if the rate that oxygen occupies is made 50% or more more than this, an oxide deposits having especially made the upper limit of oxygen into 39% on the electrode of a sputtering system, and it will be because a spatter becomes impossible and will specify from the constraint by the side of equipment.

[0142] Next, the graph shown in drawing 19 makes a graph the argon and the rate of NO in a case C-19 to C-26. From the result of drawing 16 and drawing 17, what can be used as a phase shift mask expresses with x mark what is not used as O mark and phase-shifter film.

[0143] Moreover, the graph shown in drawing 20 shows the rate of the argon in a case C-27 - a case C-30, oxygen, and methane to a graph.

[0144] (%) and flow rate of oxygen, and a triangular right-hand side oblique side show [ (%) and flow rate of an argon and a triangular left-hand side oblique side ] the flow rate (%) of methane, and a triangular base plots the point of the mixed gas of each case.

[0145] Moreover, what can be used as phase-shifter film expresses with x mark what is not used as O mark and phase-shifter film from the result of drawing 16 and drawing 17.

[0146] As the graph of drawing 19 and drawing 20 also shows, as for the volume percentage which each component of the mixed gas in the case of the ability to use as phase-shifter film occupies, in the case of the film of a chromic-acid-ized nitride, it turns out that an argon is [ 82% - 87% nitrogen monoxide ] 13% - 18%.

[0147] Moreover, in the case of the film of chromic-acid-ized nitriding carbide, it turns out that 78% - 88% oxygen is [ 2% - 13% methane ] 8% - 10% for an argon.

[0148] As mentioned above, according to the phase shift mask based on this example, and its manufacture approach, the 2nd light transmission section consists of only film which consists of the chromic-acid ghost which has 4 - 50% of permeability, a chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide.

[0149] Moreover, in the production process, the 2nd light transmission section is formed by forming in predetermined thickness the film which consists of the chromic-acid ghost, the chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide mentioned above using the sputtering method, and performing predetermined etching after that.

[0150] Since the film as phase-shifter film is formed and an etching process also becomes 1 time by this using the conventional sputtering system, it becomes possible to fall the probability for the error of the probability for a defect to occur, and a processing dimension to arise.

[0151] In addition, metaled oxide, a metaled nitride, the oxide of metal silicide, the oxidation nitride of metal silicide, etc. may be used, without being restricted to this, although considered as the film which consists of the oxide of molybdenum silicide, a molybdenum silicide oxidation nitride, a chromic-acid ghost, a chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide as the 2nd light transmission section in each above 2nd and 3rd examples.

[0152] Next, the 4th example based on this invention is explained. This example forms the metal membrane for the electrification prevention at the time of exposure by the electron beam or the laser beam on the phase-shifter film in the production process of a phase shift mask.

[0153] Hereafter, a phase-shifter film production process is explained with reference to drawing 21 - drawing 25. Drawing 21 - drawing 25 are cross-section structural drawings corresponding to the cross-section structure of the phase shift mask shown in drawing 1.

[0154] First, with reference to drawing, the phase-shifter film 4 which consists of the oxide film of molybdenum silicide, the oxidation nitride of molybdenum silicide, a chromic-acid ghost, a chromic-acid-ized nitride, or chromic-acid-ized nitriding carbide like the 2nd example or the 3rd example is formed on the quartz substrate 1.

[0155] Then, the antistatic film 6 of about about 100-500Å of thickness is formed on this phase-shifter

film 4. In the case of Mo system, as membraneous quality of this antistatic film 6, the membraneous quality of the phase-shifter film forms the molybdenum film. Moreover, the chromium film is formed when the membraneous quality of the phase-shifter film 4 is Cr system.

[0156] This is because the phase-shifter film 4 which is formed by the approach mentioned above and which consists of the oxide of molybdenum silicide, the oxidation nitride of molybdenum silicide, a chromic-acid ghost, a chromic-acid-ized nitride, and chromic-acid-ized nitriding carbide does not have conductivity.

[0157] In addition, in a chromic-acid ghost, since the chromic-acid-ized film formed in the case C-1 to C-3 described in the 3rd example has conductivity, it does not need to form the above-mentioned antistatic film in this case.

[0158] Then, the resist film for electron rays is formed about 5000Å of thickness on this antistatic film 6.

[0159] Next, with reference to drawing 22, the resist film 5 which has a desired resist pattern is formed in the predetermined part of the resist film 5 for electron beams by exposing and developing an electron beam.

[0160] Next, with reference to drawing 23, they are the antistatic film 6 and the phase-shifter film 4, using the resist film 5 for electron beams as a mask, when the antistatic film 6 is Mo system  $\text{CF}_4 + \text{O}_2$  It etches continuously by dry etching using gas.

[0161] Next, drawing 24 is referred to and it is  $\text{O}_2$ . The resist film 5 is removed using the plasma etc. Then, with reference to drawing 25, the interruption-of-service prevention film 6 is etched and removed using an etching reagent (the 2nd cerium ammonium of a nitric acid / perchloric acid mixed liquor) etc.

[0162] Thereby, a phase shift mask is completed. On the other hand, with reference to drawing 23, they are the antistatic film 6 and the phase-shifter film 4 again, using the resist film 5 for electron beams as a mask, when the antistatic film 6 is Cr system  $\text{CH}_2 \text{ Cl}_2 + \text{O}_2$  Gas or  $\text{Cl}_2 + \text{O}_2$  Gas or  $\text{Cl}_2$  It etches continuously by dry etching using gas.

[0163] Next, drawing 24 is referred to and it is  $\text{O}_2$ . The resist film 5 is removed using the plasma etc. Then, with reference to drawing 25, the antistatic film 6 is etched and removed using a sulfuric acid etc.

[0164] Thereby, a phase shift mask is completed. In addition, although the antistatic film which consists of molybdenum film in etching of the above-mentioned phase shift mask when a phase shift mask is Mo system is formed and the antistatic film which consists of chromium film when a phase shift mask is Cr system is formed Without being restricted to this, a phase shift mask may use Mo film as antistatic film to Cr system, and to the phase-shifter film of Mo system, even if it uses the antistatic film of Cr system, the same operation effectiveness can be acquired.

[0165] As explained above, it becomes possible to become possible to aim at electrification prevention of an electron ray open light-hour by preparing the molybdenum film, and to also achieve the duty as light reflex film of an optical position transducer at the time of the production process of a phase shift mask.

[0166] In addition, in the 4th example of the above, although the molybdenum film or the chromium film was used as antistatic film, the film which consists of a metal membrane from which the same effectiveness is acquired, for example, W, Ta, Ti, Si, aluminum, etc., and those alloys is sufficient.

[0167] Next, in the phase shift mask formed in the 1st example of the above - the 3rd example, as shown in drawing 26, the defective inspection approach and the defective correction approach when the remaining defect (black defect) 50 and the pinhole defect (white defect) 51 arise are explained.

[0168] First, defective inspection of a chip comparison method is conducted about the manufactured phase shift mask using light transmission mold defective test equipment ( 239HR mold made from KLA).

[0169] This defective test equipment inspects with the light which makes a mercury lamp the light source. The remaining defect by which the phase-shifter film remains in the place where a pattern should be etched, and the pinhole defect whose place where the phase-shifter film should remain is no longer the configuration of a pinhole or a chip are detected as a result of inspection.

[0170] Next, these defects are corrected. About the remaining defect, it carries out using the laser blow correction equipment by the YAG laser used with the conventional photo mask.

[0171] moreover, the assistance by gas installation of the sputtering etch according to FIB as other approaches -- it is removable even if it depends dirtily.

[0172] Next, about a pinhole defect, the correction which embeds a pinhole defective part is made by the deposition of the carbon system film 52 by the FIB assistant deposition approach used for the conventional photo mask.

[0173] Thus, a good phase shift mask can be obtained, without the carbon system film 52 separating, when the corrected phase shift mask is washed.

[0174] Next, the exposure approach using the phase shift mask mentioned above is explained. When this phase shift mask is used, the thickness of the phase-shifter film is formed by about 1500Å - about 2000Å thickness, as shown in the thickness dimension (ds) of Table 2 - 4, 6 - 8. For this reason, since it is formed with abbreviation one half extent rather than the thickness of the conventional phase-shifter film, as shown in drawing 27, it becomes possible to give 180-degree phase contrast also to the exposure light of the slanting component contained in exposure light.

[0175] Consequently, when it is going to carry out opening of the 0.4-micrometer contact hole as shown in drawing 28 for example, it becomes possible to permit a 1.2-micrometer focal gap. Moreover, as shown in drawing 29, when opening of the 0.4-micrometer same contact hole was carried out in the case of the photo mask used conventionally, only the 0.6-micrometer focal gap was able to be permitted.

[0176] furthermore, coffee RENSHE -- 0.3-0.7 -- preferably, as the aligner of 0.5-0.6 is shown in drawing 30, it becomes possible to raise the depth of focus greatly compared with the conventional photo mask.

[0177] In addition, drawing 28 - drawing 29 show the result of an about, when the contraction projection aligner of 5:1 is used, but even if a contraction scale factor uses the contraction projection aligner of 4:1 and 2.5:1, and the projection aligner of 1:1, they can acquire the same operation effectiveness. Moreover, the same effectiveness can be acquired even if it uses not only a projection aligner but adhesion exposure and pro squeak tee exposure. Furthermore, even if any, such as g line, i line, and KrF laser, are used for the above-mentioned exposure approach, it can acquire the same operation effectiveness.

[0178] As mentioned above, since it becomes possible to prevent generating of poor exposure according to the exposure approach using the phase shift mask in this example, it becomes possible to aim at improvement in the yield in the production process of a semiconductor device. This exposure approach can be effectively used in the production process of semiconductor devices, such as DRAM of 4M, 16M, 64M, and 256M, SRAM, a flash memory, ASIC, a microcomputer, and GaAs, and becomes possible [ using enough also in the semiconductor device of a simple substance, and the production process of a liquid crystal display further ].

[0179]

[Effect of the Invention] According to the phase shift mask based on this invention, and its manufacture approach, the 2nd light transmission section consists of only film of a single ingredient.

[0180] Moreover, in the production process of a phase shifter, on the substrate which penetrates exposure light, the sputtering method is used, the predetermined phase-shifter film is formed, and the 2nd light transmission section is formed by performing predetermined etching after that.

[0181] In order for the probability for the error of the probability for a defect to occur, and a processing dimension to arise since this becomes possible [ forming the phase-shifter film at 1 time of a process ] using the conventional sputtering system and an etching process also becomes 1 time to fall, it becomes possible to offer the phase shift mask of high quality.

[0182] Furthermore, according to the exposure approach using the phase shift mask based on this invention, the 2nd light transmission section uses the phase shift mask which consists of film of a single ingredient. Thereby, since the thickness of the 2nd light transmission section is thinly formed with 1500Å - about 2000Å, it becomes possible [ giving 180-degree phase contrast also to the exposure light



of the slanting component contained in exposure light ]. Therefore, the phase contrast of the exposure light which penetrates the 2nd light transmission section of a phase shift mask becomes uniform, and it becomes possible to prevent generating of poor exposure. Consequently, it becomes possible to aim at improvement in the yield in the production process of a semiconductor device.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

### [Claim(s)]

[Claim 1] It has the substrate which penetrates exposure light, and the phase shift pattern formed on the main front face of this substrate. Said phase shift pattern The phase shift mask which changes 180 degrees to the phase of the exposure light in which the 1st light transmission section which said substrate exposes, and the phase and permeability of the exposure light to penetrate penetrate said 1st light transmission section, and permeability is 5 - 40% and has the 2nd light transmission section which consists of a single ingredient.

[Claim 2] Said 2nd light transmission section is a phase shift mask according to claim 1 which consists of one kind of ingredient chosen from the group which consists of a metaled oxide, a metaled oxidation nitride, an oxide of metal silicide, and an oxidation nitride of metal silicide.

[Claim 3] Said 2nd light transmission section is a phase shift mask according to claim 1 which consists of one kind of ingredient chosen from the group which consists of the oxide of chromium, the oxidization nitride of chromium, the oxidization nitriding carbide of chromium, oxide of molybdenum silicide, and an oxidization nitride of molybdenum silicide.

[Claim 4] The process which forms the phase-shifter film of the predetermined thickness which changes 180 degrees of phases of the exposure light to penetrate, and has 5 - 40% of permeability on the main front face of the substrate which penetrates exposure light using the sputtering method, The process which forms the resist film which has a predetermined pattern on this phase-shifter film, The manufacture approach of the phase shift mask equipped with the process which forms the 2nd light transmission section which consists of the 1st light transmission section and said phase-shifter film which etches said phase-shifter film by the dry etching method by using this resist film as a mask, and said substrate comes to expose.

[Claim 5] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of a molybdenum silicide oxide in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon and oxygen according to claim 4 using the target of molybdenum silicide.

[Claim 6] The range of volume percentage which each component of said mixed gas occupies is the manufacture approach of a phase shift mask according to claim 5 that an argon is 76 - 92% of range, and the remainder is oxygen.

[Claim 7] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of a molybdenum silicide oxidation nitride in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon, oxygen, and nitrogen according to claim 4 using the target of molybdenum silicide.

[Claim 8] For 65 - 79%, and oxygen, an argon is [ the range of the volume percentage which occupies each component of said mixed gas / 8 - 24%, and nitrogen ] the manufacture approach of a phase shift mask according to claim 7 of being 3 - 20%.

[Claim 9] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of a chromic-acid ghost in the mixed-gas ambient

atmosphere of an argon and oxygen according to claim 4 using the target of chromium.

[Claim 10] The range of volume percentage which each component of said mixed gas occupies is the manufacture approach of a phase shift mask according to claim 9 that an argon is 36 - 97% of range, and the remainder is oxygen.

[Claim 11] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of a chromic-acid-ized nitride in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon, oxygen, and nitrogen according to claim 4 using the target of chromium.

[Claim 12] For 48 - 90%, and oxygen, an argon is [ the range of volume percentage which each component of said mixed gas occupies / 1 - 39%, and nitrogen ] the manufacture approach of a phase shift mask according to claim 11 of being 6 - 14%.

[Claim 13] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of a chromic-acid-ized nitride in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon and a nitrogen monoxide according to claim 4 using the target of chromium.

[Claim 14] The range of volume percentage which each component of said mixed gas occupies is the manufacture approach of a phase shift mask according to claim 13 that an argon is 82 - 87% of range, and the remainder is a nitrogen monoxide.

[Claim 15] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the film of chromic-acid-ized nitriding carbide in the mixed-gas ambient atmosphere of an argon, oxygen, and methane according to claim 4 using the target of chromium.

[Claim 16] The manufacture approach of a phase shift mask according to claim 15 that 78% - 88% and oxygen are [ the range of volume percentage which each component of said mixed gas occupies / 2% - 13% and methane ] 8% - 10% for an argon.

[Claim 17] The process which manufactures said phase shift mask is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the antistatic film according to claim 4.

[Claim 18] The process which forms said antistatic film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the molybdenum film between the process which forms said phase-shifter film by the sputtering method, and the process which forms said resist film according to claim 17.

[Claim 19] The process which forms said antistatic film is the manufacture approach of a phase shift mask including the process which forms the chromium film between the process which forms said phase-shifter film by the sputtering method, and the process which forms said resist film according to claim 17.

[Claim 20] The process which etches said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask given in any 1 term of claim 5 performed by the dry etching method using mixed gas with carbon fluoride and oxygen thru/or claim 8.

[Claim 21] The process which etches said phase-shifter film is the manufacture approach of a phase shift mask given in any 1 term of claim 9 performed by the dry etching method using one kind of gas chosen from the group which consists of the mixed gas of a methylene chloride and oxygen, mixed gas of chlorine and oxygen, and chlorine gas thru/or claim 16.

[Claim 22] The process which forms said phase-shifter film is the manufacture approach of the phase shift mask according to claim 4 which includes the process which performs heat treatment of 200 degrees C or more after forming said phase-shifter film using the sputtering method.

[Claim 23] The 1st light transmission section which was formed [ film / the process which applies the resist film on a pattern formation layer, and / said / resist ] in exposure light on the penetrating substrate and which said substrate exposes, 180 degrees is changed to the phase of the exposure light in which the phase and permeability of the exposure light to penetrate said 1st light transmission section. And the exposure approach using the phase shift mask which permeability is 5 - 40% and was equipped with the process exposed using the phase shift mask which has the phase shift pattern which has the 2nd

light transmission section which consists of a single ingredient.

---

[Translation done.]

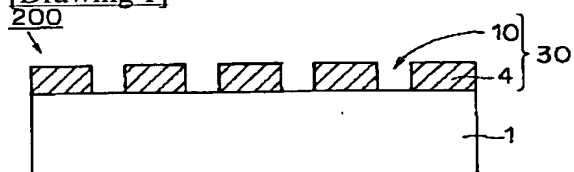
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

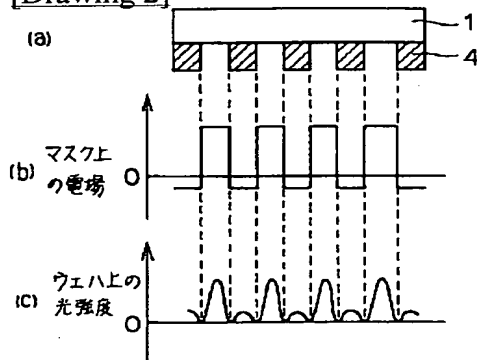
## DRAWINGS

[Drawing 1]

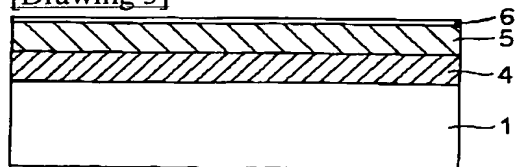


1: 石英基板      4: 第2の光透過部  
 10: 第1の光透過部   30: 位相シフトパターン  
 200: 位相シフトマスク

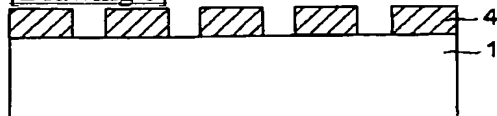
[Drawing 2]



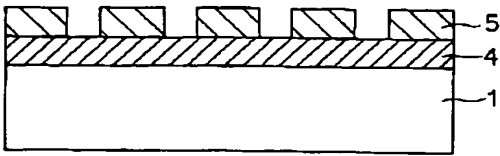
[Drawing 3]



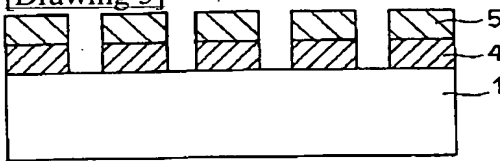
[Drawing 6]



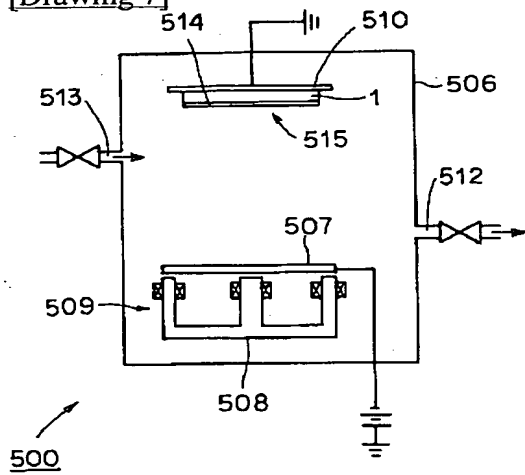
[Drawing 4]



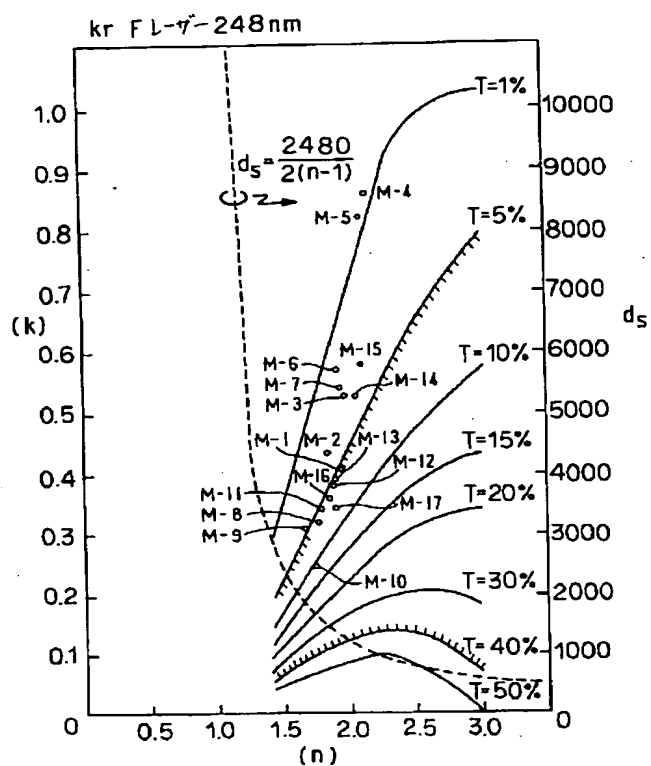
[Drawing 5]



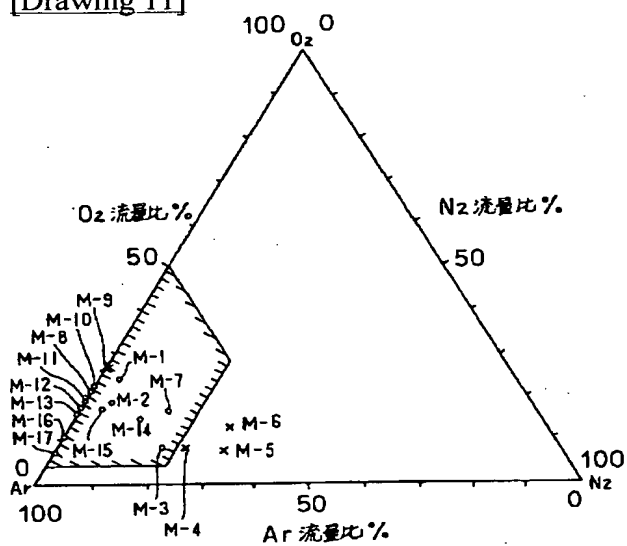
[Drawing 7]



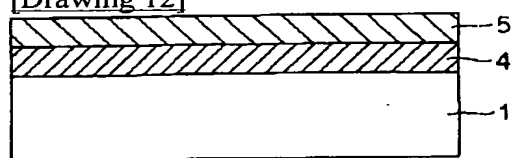
[Drawing 8]



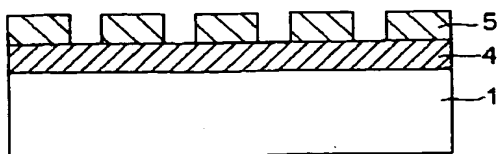
[Drawing 11]



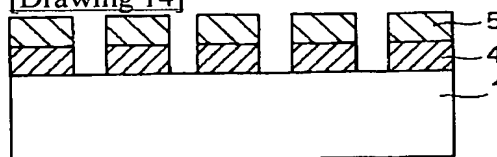
[Drawing 12]



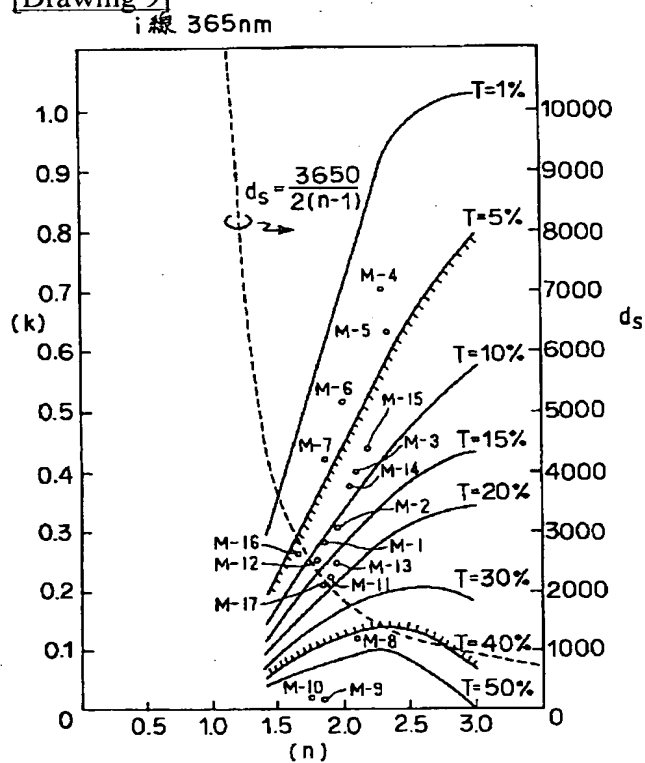
[Drawing 13]



[Drawing 14]

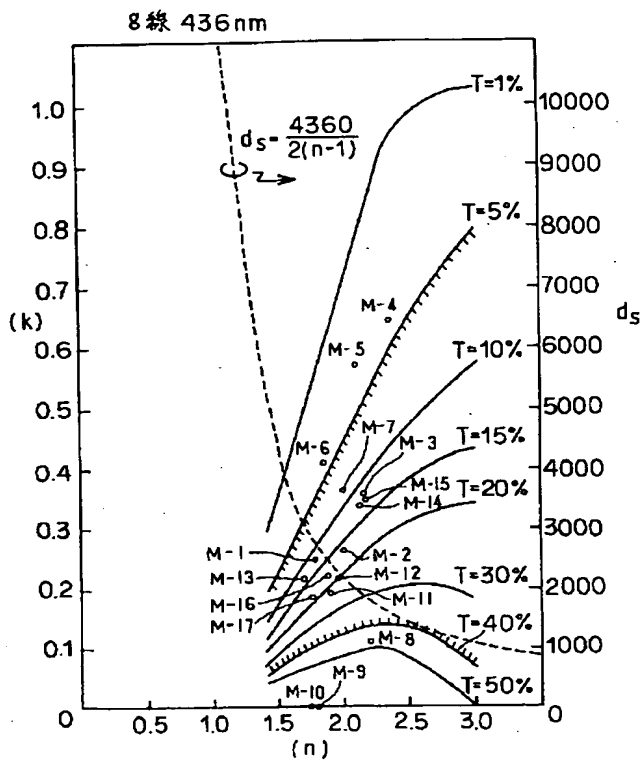


[Drawing 9]

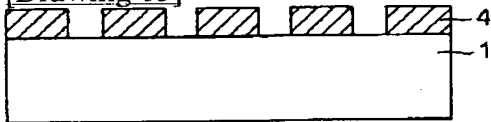


[Drawing 10]

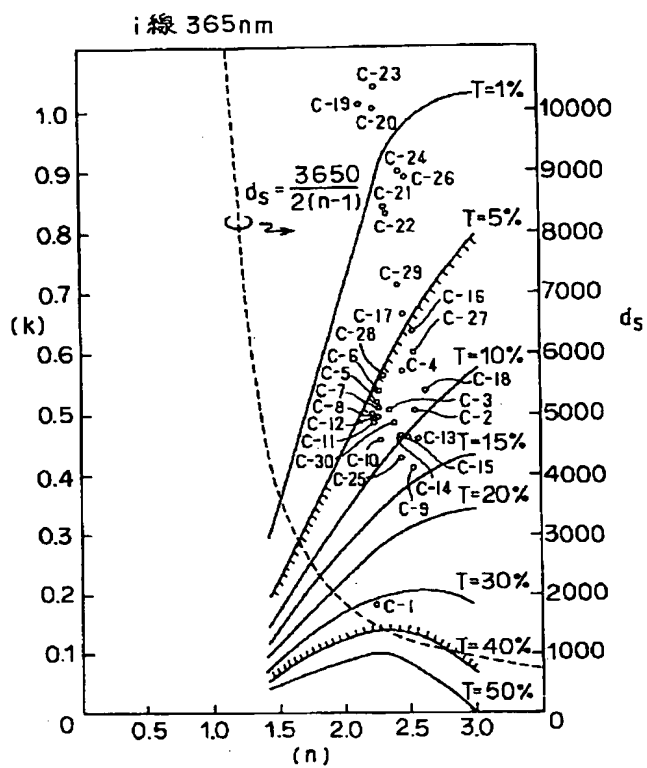




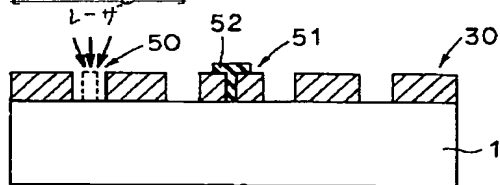
[Drawing 15]



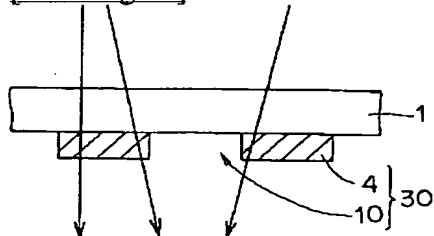
[Drawing 16]



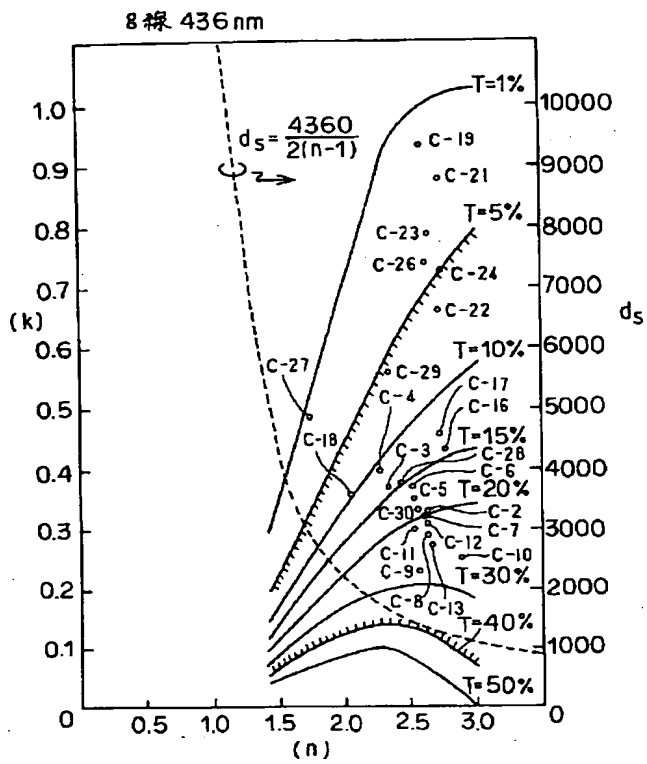
[Drawing 26]



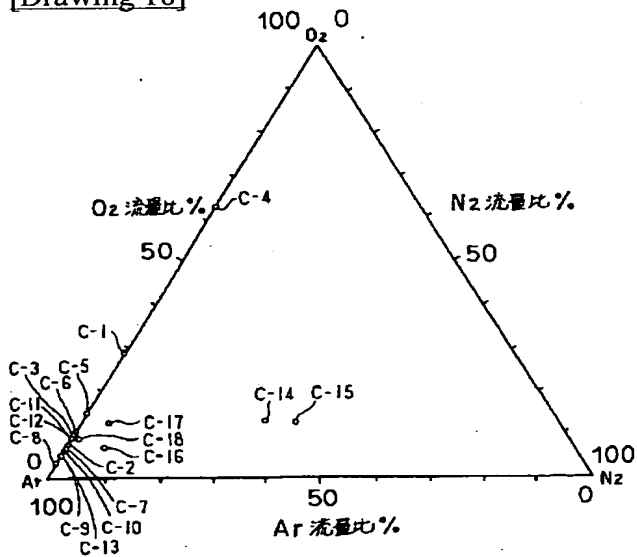
[Drawing 27]



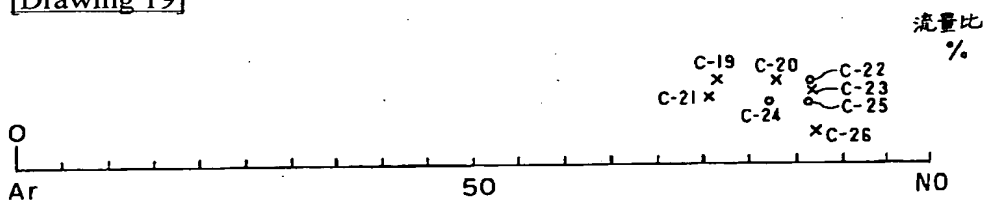
[Drawing 17]



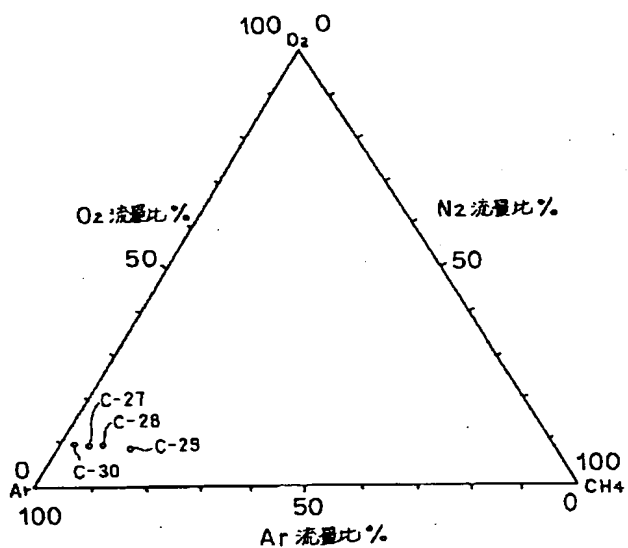
[Drawing 18]



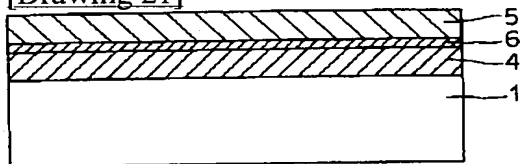
[Drawing 19]



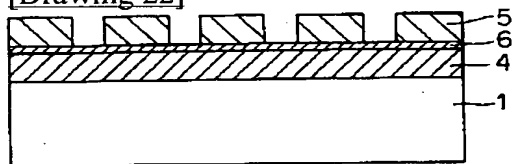
[Drawing 20]



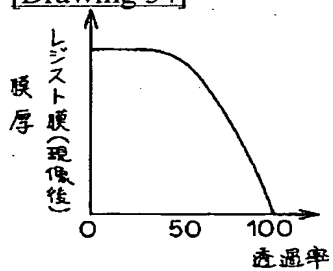
[Drawing 21]



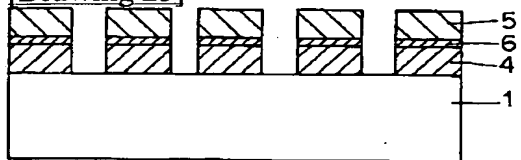
[Drawing 22]



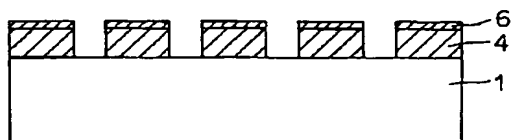
[Drawing 34]



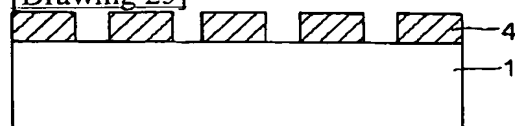
[Drawing 23]



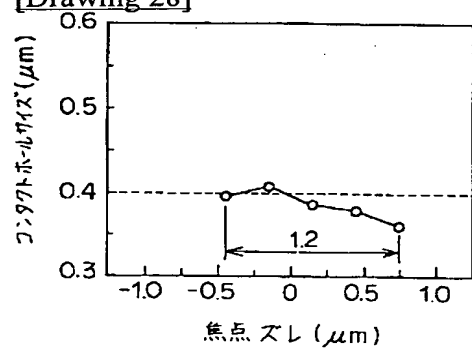
[Drawing 24]



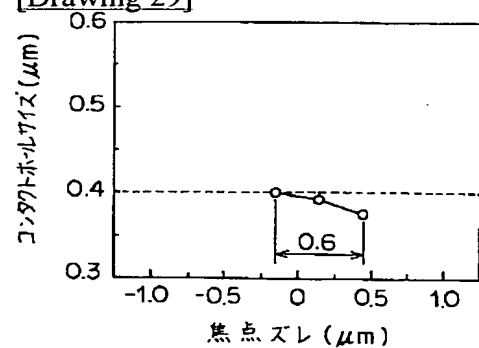
[Drawing 25]



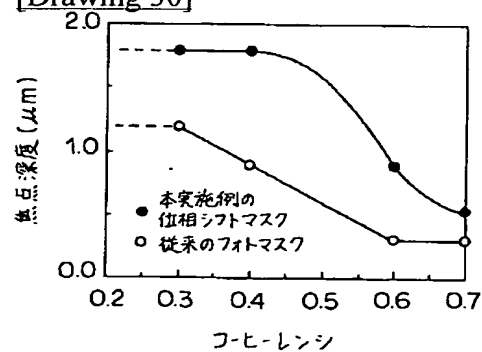
[Drawing 28]



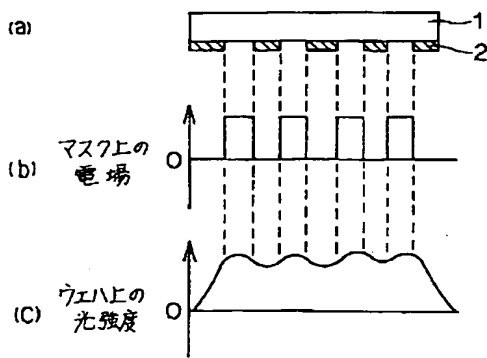
[Drawing 29]



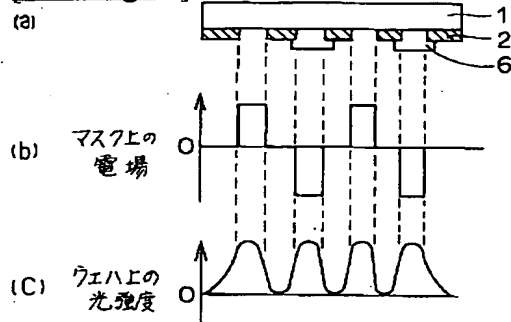
[Drawing 30]



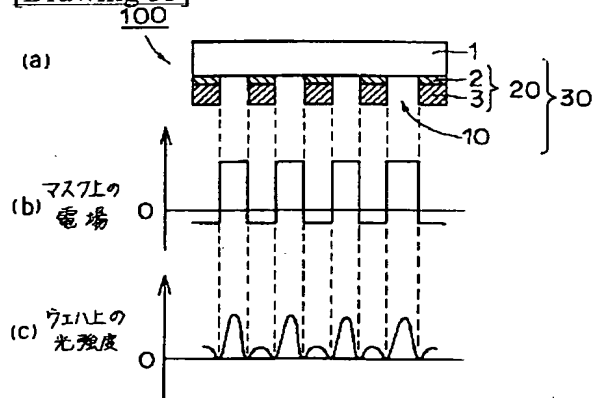
[Drawing 31]



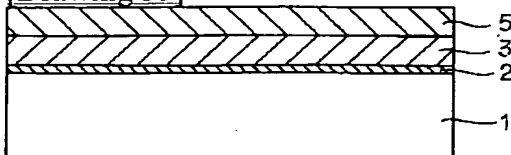
[Drawing 32]



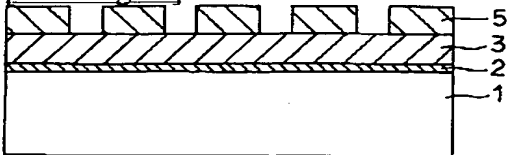
[Drawing 33]



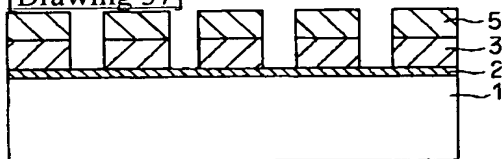
[Drawing 35]



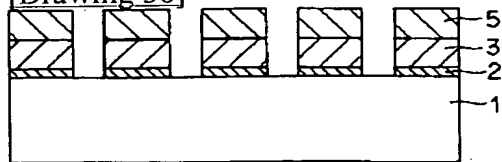
[Drawing 36]



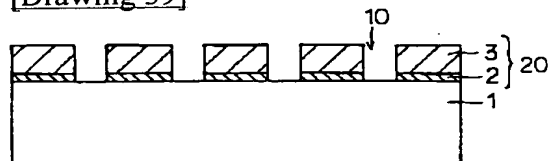
[Drawing 37]



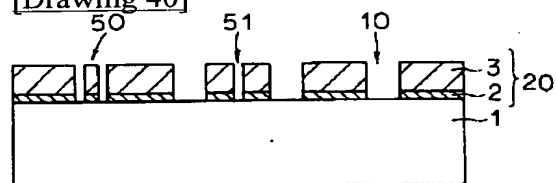
[Drawing 38]



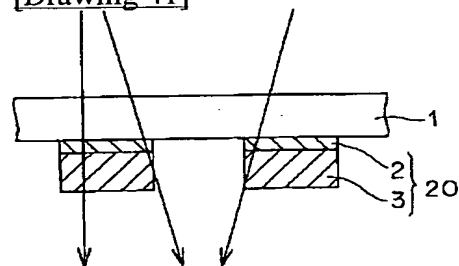
[Drawing 39]



[Drawing 40]



[Drawing 41]



[Translation done.]